

TARTU ÜLIKOOL
ÖKOLOOGIA JA MAATEADUSTE INSTITUUT
ZOOLOOGIA OSAKOND
ENTOMOLOOGIA ÕPPETOOL

Joosep Sarapuu

**Lehelõikaja-sipelgate kasutatavate taimede eelistus
fragmenteeritud atlantilises vihmametsas**

Bakalaureusetöö

Juhendaja: vanemteadur Pille Gerhold

Tartu 2018

Infoleht

Lehelõikaja-sipelgate kasutatavate taimede eelistus fragmenteeritud atlantilises vihmametsas

Atlantiline vihmamets on üks ohustatumaid ja fragmenteeritumaid ökosüsteeme maailmas ning seda tänu inimõjule. Samas lõikavad sellisest majandamisest kasu lehelõikaja-sipelgad, kelle pesade tihedus kasvab just metsa fragmentides ja metsa servaaladel. Seda ilmselt sellepärast, et nendes elupaikades kasvab arvukalt sipelgatele sobivaid taimi. Käesolevas töös uurin liigi *Atta cephalotes* näitel, (i) kas lehelõikaja-sipelgate poolt kasutavad taimed on omavahel lähemalt suguluses kui juhuslikult, (ii) kas lehe sitkus määrab taimede kasutatavuse ja (iii) kas sipelgad kasutavad taimi, mida kasvab nende elupaigas ohtralt. Töös selgus, et lehelõikaja-sipelgate poolt kasutatavad taimed on tõesti lähisugulased. Samuti kasutavad sipelgad vähem sitkete lehtedega taimeliike. Taimeliikide arvukus mõjutas kasutamist ainult metsa servaalal, kuid mitte tuumalal. Need ongi ilmselt põhjused, miks lehelõikaja-sipelgad on nii edukad häritud metsades. Kui aga eelistatavad taimeliigid peaksid mingil põhjusel hävinema, läheb lehelõikaja-sipelgatel ellujäämine väga raskeks.

Märksõnad: Atlantiline vihmamets, fülogeneetiline signaal, lehe sitkus, lehelõikaja-sipelgad.

Leaf-cutting ant diet choice in fragmented Atlantic rainforest

Atlantic rainforest is one of the most vulnerable and fragmented ecosystems in the world due to human impact. However, leaf-cutting ants benefit from such management - their nest densities increase in disturbed habitats such as forest fragments and forest edges. This is probably due to a large number of plant species palatable to leaf-cutting ants in these habitats. In this study I investigate (i) whether the plants used by leaf-cutting ants are more closely related than expected by chance, (ii) whether leaf toughness plays a role in plant usage, and (iii) whether ants use the most abundant plant species in their habitat. I studied the species *Atta cephalotes* as a model system. I found that plants species used by leaf-cutting ants are indeed closely related. I also found that ants use plant species with less tough leaves. Finally, I found that ants use the most abundant plant species only in forest edges, but not in forest interior. These are probably the reasons why leaf-cutting ants are so successful in disturbed forests. On the other hand, should the preferred plant species disappear, it would directly affect leaf-cutting ants survival.

Keywords: Atlantic rainforest, leaf toughness, leaf-cutting ants, phylogenetic signal.

Sisukord

| | |
|--|----|
| Sissejuhatus..... | 6 |
| 1. Lehelõikaja-sipelgad..... | 7 |
| 1.1. Üldiseloomustus..... | 7 |
| 1.2. Pesad ja rajad..... | 8 |
| 1.3. Kasutatavate taimede eelistus..... | 9 |
| 1.4. Elupaiga eelistus..... | 12 |
| 1.5. Ökoloogiline tähtsus..... | 15 |
| 2. Materjal ja metoodika..... | 18 |
| 2.1. Uurimisala..... | 18 |
| 2.2. Uurimuse ülesehitus | 18 |
| 2.3. Taimede fülogeneesipuu rekonstrueerimine..... | 19 |
| 2.4. Fülogeneetiline signaal..... | 20 |
| 2.5. Statistilised analüüsid..... | 21 |
| 3. Tulemused..... | 22 |
| 4. Arutelu..... | 25 |
| Kokkuvõte..... | 27 |
| Summary..... | 28 |
| Tänuavaldused..... | 29 |
| Kasutatud kirjandus..... | 30 |
| LISAD | |

Sissejuhatus

Inimasustuse laienemine on tekitanud olukorra, kus loodust meie ümber jääb järjest vähemaks ja väikeste metsafragmentide osakaal järjest suureneb. Eriti tugevalt annab see tunda aladel, kus taimestikku on olnud väga palju nagu näiteks suurtes vihmametsades ekvaatori ümber. Üks sellistest paikadest on Brasiilia ja üks väga ohustatud ökosüsteem on atlantiline vihmamets, mille endisest pindalast on järel vähem kui 7% (Schessl jt. 2008). Inimtegevus ja eriti uute istanduste ja põllumaade rajamiseks tehtud lageraied on muutnud palju looduslikku tasakaalu. On täheldatud, et üks loomarühm, kes sellisest metsa fragmenteerumisest kasu lõikab, on lehelõikaja-sipelgad, kelle kolooniate tihedus kasvab märkimisväärselt häiringutega aladel (Vasconcelos ja Cherrett 1995; Terborgh jt. 2001; Wirth jt. 2007; Leal jt. 2014). Samuti on just istanduste piirkonnad need, kus lehelõikaja-sipelgatele meeldib elutseda (Della Lucia jt. 2014). Lehelõikaja-sipelgad on ühed kõige arvukamad herbivoorid neotroopikas ja nende elutegevus mõjutab seega suuresti ümbritsevat metsa (Howard 1987). Mõju seisneb nii otseses herbivoorias, pinnase muutustes seoses pesade ehitusega kui ka suhetes teiste loomadega (Fowler jt. 1989; Moutinho jt. 2003; Leal jt. 2014). Samas pole siiani täpselt teada, miks lehelõikaja-sipelgad eelistavad häiritud elupaiku ja mis määrab nende kasutatavate taimede eelistuse. Praeguseks on teada, et lehelõikaja-sipelgad eelistavad väheste herbivooria vastaste kaitsemehhanismidega taimeliike (Waller 1982; Howard 1987). Samuti on teada, et pioneertaimeliikidel on vähem kaitsemehhanisme (Coley jt. 1985). Teatakse ka, et lehelõikaja-sipelgate eelistatavates ehk häiritud elupaikades kasvab rohkem pioneerliike (Hill ja Curran 2001). Ei ole aga teada, kas sipelgad kasutavad rohkem pioneertaimeliike nende väheste kaitsemehhanismide tõttu või sellepärast, et neid kasvab arvukalt lehelõikaja-sipelgate eelistatud elupaikades. Ka võiks lehelõikaja-sipelgate poolt kasutatavate taimede ja elupaiga eelistuse määrata hoopis evolutsiooni jooksul tekkinud sarnaste ja sipelgatele sobivate tunnustega sugulastaimeliigid, mitte pioneerliigid, mille tunnused võivad varieeruda. Seega otsin käesolevas töös vastuseid järgmistele küsimustele: Kas lehelõikaja-sipelgad kasutavad oma elupaigas kõige arvukamaid taimeliike? Kas lehelõikaja-sipelgad kasutavad oma elupaigas sugulasliike? Kas kõige arvukamatel taimeliikidel või sugulasliikidel on mõni ühine tunnus, mida sipelgad võiksid eelistada, näiteks vähem sitked lehed?

1. Lehelõikaja-sipelgad

1.1. Üldiseloostus

Lehelõikaja-sipelgad kuuluvad sipelglaste (*Formicidae*) sugukonda, *Myrmicinae* alamsugukonda ja *Attini* triibusesse (Weber 1982). Lehelõikaja-sipelgad on saanud oma nime selle järgi, et lõikavad ja kannavad pessa värsket taimset materjali, mitte surnud taimeosi nagu teised *Attini* triibuse liigid (Fowler jt. 1989; Brandão ja Mayhé-Nunes 2007). Lehelõikaja-sipelgad kuuluvad kahte perekonda: *Atta* ja *Acromyrmex*. *Atta* liike on kokku 15 ja *Acromyrmex* liike 24 (Cherrett jt. 1989).

Lehelõikaja-sipelgad elutsevad Põhja- ja Lõuna-Ameerikas, 40° põhjalaiuse ja 44° lõunalaiuse vahel, kuid ükski lehelõikaja-sipelga liik ei asusta tervet levilat (Weber 1966, 1982). Enamasti eelistavad nad madalike niiskeid troopilisi metsi, aga on võimelised asustama ka 3000 m kõrgusel olevaid metsi (Weber 1982). Lehelõikaja-sipelgad on maailmas unikaalsed selle poolest, et elavad obligatoorses mutualismis seenega: seen üksinda ei suudaks looduses ellu jääda, vaid ta vajab selleks lehelõikaja-sipelgaid ja vastupidi, lehelõikaja-sipelgad ei suudaks elada ilma seeneta (Weber 1982). Kõigi triibusesse *Attini* kuuluvate sipelgate, sealhulgas ka lehelõikaja-sipelgate kasvatatavad seened kuuluvad lehkseente (*Agaricales*) seltsi, *Lepiotaceae* sugukonda (Chapela jt. 1994). Lehelõikaja-sipelgad lõikavad ja tassivad pessa värsket taimset materjali (lehti, õisi, varsi), mille nad pesas väiksemaks lõikavad ning oma sülje ja ekskrementidega segavad (Weber 1966, 1982). See segu on seene jaoks toiduks ning lehelõikaja-sipelgate peamine toiduallikas on seen (Weber 1966).

Lehelõikaja-sipelgatel on kõikidele sipelgatele iseloomulik kehaehitus mõningate erinevustega (Weber 1982). Keha põhiosa moodustab tagakeha, mis on kahe segmendiga ühendatud rindkerega (Weber 1982). Alalõug on kolmnurkne ja hammastega (Weber 1982). Emastel ja töölistel on tundlad 11 segmendiga, isastel 13 segmendiga (Weber 1982). Kuklal on neil üks või rohkem oga ja töölistel on ka rindekere peal ogad, mis kaitsevad neid ründajate eest (Weber 1982). Tööliste kehal on mõned karvad (Weber 1982). Keha, mis on enamasti punakaspruun või rauakarva, katavad mõned külmud, kuid üldiselt on see sile ja isegi läikiv (Weber 1982). Emane sipelgas ehk kuninganna on töölistest palju suurem, tal on tiivad ja kolmnurkne lihtsilm (Weber 1982). Lehelõikaja-sipelgate isased on töölistest palju tumedamad, neil on väike pea suurte lihtsilmadega ja nende lihtsilm asub pehmes tagumises pea osas (Weber 1982). Lõuad on neil aga vähem arenenud kui emastel ja töölistel (Weber

1982). Jalad on lehelõikaja-sipelgatel pikad ja peenikesed ning lõppevad peenikeste künnetega (Weber 1982).

Lehelõikaja-sipelgatel on kastisüsteem (Weber 1966). Esimese kasti moodustavad *minima* sipelgad, teise kasti *media* sipelgad ja kolmanda kasti *maxima* sipelgad, kelle hulka kuuluvad ka sõdurid (Weber 1966). Väikseimad töölised on 2 mm pikad ja suurimad sõdurid võivad olla 14 mm pikad (Weber 1966). *Minima* sipelgad tegutsevad enamasti seeneniidistikuga pesa ruumides (Weber 1966). Nad hoolitsevad seene, munade ja vastsete eest (Weber 1966). Seene eest hoolitsevad ka *media* sipelgad, kuid lisaks sellele korjavad nad ka lehti (Weber 1966). *Maxima* sipelgate ülesandeks on korjata lehti ja kaitsta kolooniat. Sõdurite ülesandeks on koloonia kaitsmine (Weber 1966).

1.2. Pesad ja rajad

Lehelõikaja-sipelgad on võimelised ehitama pesasid, kus on üle miljoni isendi ja mis on maailma suurimad sipelgapesad (Weber 1956). Perekonna *Acromyrmex* pesad on mitmekesisemad kui perekonna *Atta* omad (Weber 1956). *Acromyrmex* pesad võivad asuda nii maa all, puu otsas, näiteks bromeelialiste lagununud taimeosades kui ka puude all maapinnal kõdus (Weber 1956). *Atta* pesad on ainult maa all (Weber 1956). Kui pesa on maa all, siis on sellel kraatersisepääs (Weber 1956). Suured *Atta* pesad algavad kraatersisepääsuga, mille all on seeneruum kuninganna ja tema esimeste vastsetega (Weber 1956). Koloonia suurenedes tehakse järjest uusi kambreid ja sissepääse juurde (Weber 1956). Suurimad pesad on liigi *Atta laevigata* pesad (Moreira jt. 2004). Seal võib olla üle 7000 kambri ja pesa võib olla kuni 7 m sügav, kuigi enamik kambreid jääb 1-3 m sügavusele (Moreira jt. 2004). Iga üksiku kambri suurus võib varieeruda 0,03 l ja 51 l vahel (Moreira jt. 2004). Kambreid ühendavate tunnelite kogupikkus võib olla 70 m (Moreira jt. 2004). Erinevatel kambritel on erinev funktsioon (Moreira jt. 2004). Mõned kambrid on aktiivses kasutuses olevad seeneniidistiku ruumid, mõned on vanad seeneniidistiku ruumid, mõnedes kambrites on lihtsalt muld ja mõned kambrid on ka tühjad (Moreira jt. 2004). Kambreid ühendavad tunnelid on kas elliptilised või ümmargused ja nende diameeter on 2,9-5,5 cm (Moreira jt. 2004).

Pesast saavad alguse rajad, mida mööda sipelgad liiguvad taimset materjali lõikama ja pessa tagasi (Moser 1967). Need rajad on umbes 0,4 m laiused ja võivad olla rohkem kui 90 m pikad (Moser 1967). Urbas jt. (2007) mõõtsid, et liigi *Atta cephalotes* rajad võivad olla 41-529 m pikad. Lehelõikaja-sipelgad suudavad radu hoida ja kasutada tänu feromoonidele (Moser 1967). Feromoon on keemiline ühend, mida toodab loom ja mis mõjutab teise sama liigi isendi käitumist (Wilson 1963). Rajad märgistatakse nii, et sipelgas, kes leiab sobiva taime, puudutab lõigatud lehetükiga pessa kõndides oma kehaga maapinda, jättes maha feromooni (Moser 1967). Seda teeb ta umbes iga 2-3 mm tagant (Moser 1967). Seda feromooni toodetakse spetsiaalsetes näärmetes, kus teistel sipelgaliikidel toodetakse mürgist ainet (Moser 1967). Teised lehelõikaja-sipelgad järgivad feromooniga märgistatud rada kuni sobiva taimeni (Moser 1967). Et mitte rajalt kõrvale põigata, koputavad nad raja tajumiseks tundlatega vastu maad (Moser 1967). Lehelõikaja-sipelgate feromoon on vees lahustumatu, mistõttu korjamine toimub ka märgadel radadel ja kerge vihmaga (Moser 1967).

Sipelgate teekond sobivate taimede juurde ei ole alati sirgjooneline, vaid rajad looklevad ja harunevad (Cherrett 1968). Cherrett (1968) arvutas kokku, et lehelõikaja-sipelgate teekond on 136% pikem, kui oleks minimaalselt vaja, kuid see sõltub paljuski koloonia elupaigast. Kui pesa läheduses kasvab arvukalt sobivaid taimi, on lehelõikaja-sipelgate rajad ja ala, kust taimi kasutatakse, palju väiksemad kui siis, kui taimi peab otsima kaugemalt (Urbas 2004). Lehelõikaja-sipelgad on võimelised lõikama lehti ka väga kõrgel puude otsas. Kõrgeimad punktid on üle 12 m kõrgusel (Cherrett 1968).

1.3. Kasutatavate taimede eelistus

Lehelõikaja-sipelgad on kõige arvukamad ja tähtsamad Uue Maailma herbivoorid (Howard 1987). Nad omavad sellega seoses looduses suurt ökoloogilist tähtsust, sest nad on võimelised hävitama keskmiselt 15% metsa lehestikust (Urbas jt. 2007). Aasta jooksul korjas liigi *Atta cephalotes* koloonia peaaegu 11 000 ruutmeetrit lehti, kusjuures kõige rohkem korjati lehti kuivaperioodi haripunktis (Urbas jt. 2007). Taimse materjali hulga tõttu, mida lehelõikaja-sipelgad pessa tassivad, on nad olulised ökoloogilised ja põllumajanduslikud kahjurid (Wirth jt. 2003). Näiteks võib liik *Atta texana* Louisiana ja Texase osariigi mõnes osas hävitada rohkem männiistikuid, kui tulekahjud seda teha suudavad (Moser 1967). Lõuna-Ameerikas peavad farmerid enne kohvi- ja tsitruseistanduste rajamist liigi *Atta sexdens* kolooniad

hävutama; Paraguays arvatakse, et lehelõikaja-sipelgad on olulisim põhjus, miks paljud farmerid elavad vaesuses (Moser 1967). Samas ei saa üheselt öelda, et lehelõikaja-sipelgad on ainult kahjurid. Neil on väga tähtis roll Uue Maailma troopilistes ökosüsteemides: nad kärbivad taimi, kobestavad ja rikastavad mulda ning soodustavad sellega taimede kasvu (Wirth jt. 2003).

Lehelõikaja-sipelgatel on väga lai kasutatavate taimede eelistus ehk nad on polüfaagid (Cherrett jt. 1989). Vaatamata polüfaagiale, on lehelõikaja-sipelgad aga äärmiselt selektiivsed ning selle selektiivsuse mustrid ja põhjused pole päris selged. Näiteks leidsid Rockwood ja Hubbell (1987) polüfaagia kinnituseks, et liik *Atta cephalotes* korjas Costa Rica vihmametsas alati lehti rohkem kui ühelt taimeliigilt, kuid selektiivsust kinnitab see, et ühe või paari taimeliigi lehed moodustasid peaaegu pool kõikidest korjatud lehtedest. Täpsemalt leidsid autorid, et 30-st korjatud taimeliigist 10 liiki moodustasid 87% kõikidest korjatud lehtedest (Rockwood ja Hubbell 1987). Veel täheldati, et lehelõikaja-sipelgate selektiivsus suurenes kaugusega pesast: kaugemate taimede suhtes oldi selektiivsem kui lähedal kasvavate taimede suhtes (Rockwood ja Hubbell 1987). Huvitav oli tähelepanek, et mõnikord jätsid sipelgad oma eelistatava taimeliigi korjamata ning see muster võimendus pesast kaugemal: kui sipelgad ründasid pesast kaugemal eelistatava taimeliigi ühte isendit, jätsid nad tihti puutumata sama liigi lähedal kasvavad teised isendid (Rockwood ja Hubbell 1987).

Lehelõikaja-sipelgate kasutatavate taimede selektiivsuse kinnituseks leidis Rockwood (1976), et sipelgad ei lõika eelistatult selliseid taimeliike, mida pesa piirkonnas kõige arvukamalt kasvab. Kolme *Atta colombica* ja kolme *Atta cephalotes* pesa aastaringsel uurimisel Costa Rica vihmametsas selgus nelja pesa puhul, et sipelgad ei korjanud pesa piirkonnas kõige arvukamaid taimeliike ning kahe pesa puhul oli seos eelistuse ja arvukuse vahel isegi negatiivne (Rockwood 1976). Negatiivse seose põhjuseks oli see, et suur hulk lehti korjati haruldastelt taimeliikidelt nagu *Bombacopsis quinata*, *Mastichodendron tempisque* ja *Enterolobium cyclocarpum* (Rockwood 1976). Samas varieerus lehelõikaja-sipelgate selektiivsus erinevates kolooniates, mistõttu on üldist mustrit raske välja tuua (Rockwood 1976). Näiteks täheldati, et ühe *Atta colombica* pesa sipelgad eelistasid tugevalt taimeliiki *Acacia farnesiana*, samal ajal kui sama sipelgaliigi kahe teised pesa sipelgad ei kasutanud seda taimeliiki üldse (Rockwood 1976). Autor järeldab, et sipelgaliigi sisest taimede kasutamise varieeruvust põhjustavad konkreetses sipelgapesas elava seene eelistused (Rockwood 1976). Ka teised autorid on täheldanud, et lehelõikaja-sipelgad viivad seenele küll

paljusid erinevaid taimeliike, kuid märgates, et seen neid ei kasuta, seda taimeliiki enam ei korjata (Cherrett jt. 1989).

Üheks kasutatavate taimede selektiivsuse põhjuseks on taimede poolt toodetavad kaitseained. Howard (1987) leidis, et sekundaarsed metaboliidid mängivad aktiivsel taimede kasutamise perioodil suurt rolli selektiivsuses. Samuti mängivad eelistuses rolli mittepolaarsed ekstraktid ja hüdrolüüsuvate tanniinide olemasolu (Howard 1988). Mittepolaarsetel ekstraktidel oli negatiivne mõju kasutatavusele, aga hüdrolüüsuvatel tanniinidel positiivne, ehk mida rohkem oli mittepolaarseid ekstrakte, seda vähem nende taimeliikide lehti kasutati ja mida rohkem oli hüdrolüüsuvaid tanniine, seda rohkem selle taimeliigi lehti kasutati (Howard 1987). Urbas (2004) leidis aga, et tanniinide seos korjamisega oli hoopis negatiivne: sipelgad vältisid suure tanniinide sisaldusega taimeliike. Samuti leidis Urbas (2004), et lehelõikaja-sipelgate kasutatavates taimedes oli vähem terpenoide. Howard (1987) leidis, et sipelgad kasutavad taimeliike siis, kui sekundaarsed kemikaalid on talutavad nii sipelgatele kui ka seenele, kuid kogused olenevad lehe kvaliteedist ehk sellest, kui palju on lehes toitaineid. Samas leidis Urbas (2004), et süsivesikute hulk metsas olevates taimedes ja lehelõikaja-sipelgate kasutatavates taimedes ei erinenud suuresti. Oli märgata, et süsivesikute hulk oli isegi natuke madalam kasutatavates taimedes, kuigi seos polnud statistiliselt oluline (Urbas 2004). On aga ka leitud, et lehelõikaja-sipelgad eelistavad noori taimeisendeid, täiskasvanud taimede noori lehti ning taimi, mis kannatavad stressi all ja selle tõttu koguvad endasse süsivesikuid ning aminohappeid (Leal jt. 2014).

Teiseks lehelõikaja-sipelgate kasutatavate taimede selektiivsuse põhjuseks on taimelehtede füüsilised kaitsemehhanismid nagu näiteks lehtede paksus või sitkus. Cherrett (1972) leidis laborikatsetes, et sipelgad eelistavad lehti, mis on vähem sitked, kuid mahlasemad. Sama tulemuse sai Waller (1982), kes tegi katseid välilaboris, pakkudes sipelgatele erinevaid lehti. Ta leidis, et mida paksemaks läksid lehed, seda vähem lehelõikaja-sipelgad neid eelistasid (Waller 1982). Nichols-Orians ja Schultz (1989) kasutasid vanu ja noori lehti, et vaadata lehelõikaja-sipelgate lõikamist ja eelistust lehe sitkuse suhtes. Vanade ja noorte lehtede sitkuse vahe oli neljakordne (Nichols-Orians ja Schultz 1989). Vanade ja sitkete lehtede lõikamise määr oli palju madalam (Nichols-Orians ja Schultz 1989). Sitkemaid lehti lõigati palju aeglasemalt ja ainult suured töölisid suutsid neid lõigata (Nichols-Orians ja Schultz 1989). Väiksemad töölisid, pea suurusega kuni 1,8 mm, ei lõiganud üldse vanu ja sitkeid lehti (Nichols-Orians ja Schultz 1989). Samas leidis Howard (1988), et taime

füüsilised kaitsemehhanismid ei mõjutanud lehelõikaja-sipelgate eelistust. Sitkus varieerus nii eri taimede vahel kui ka ajas, kuid reeglipärast mustrit sellest välja lugeda ei saanud (Howard 1988). Ainuke asi, mida lehe sitkus mõjutas, oli aeg, mida lehelõikaja-sipelgas pidi kulutama, et lehte lõigata: sitkemaid lehti lõigati kauem (Howard 1988). Lehe sitkus võib aga rolli mängida sklerofüllü bioomis, kus taimedel on paksemad lehed (Howard 1988).

Kasutatavate taimede liigilise koosseisu osas on täheldatud, et lehelõikaja-sipelgad eelistavad kiirekasvulisi ja valguslembeseid pioneerliike aeglase kasvuga varjataluvatele taimeliikidele (Farji-Brener 2001; Urbas 2004). Farji-Brener (2001) leidis Costa Rical, et pioneerliike korjati 47,6% kõigist metsa pioneerliikidest, varjulembeseid liike aga vaid 15,9 % metsa varjulembelistest liikidest. On kindlaks tehtud, et pioneerliikidel on palju vähem herbivooride (seal hulgas ka põtrade, ahvide, kobraste jt.) vastaseid keemilisi kaitsemehhanisme kui aeglase kasvuga taimeliikidel (Coley jt. 1985) ja see võiks mõjutada ka lehelõikaja-sipelgate kasutatavate taimede eelistust.

1.4. Elupaiga eelistus

Lehelõikaja-sipelgad on ilmselt kõige edukamad liigid troopilistes inimhäiringuga elupaikades (Leal jt. 2014). Lehelõikaja-sipelgate elupaiga eelistus on seotud kasutatavate taimede eelistusega ehk sipelgad eelistavad elupaiku, kus sobivaid taimi on rohkem. Seega on üheks lehelõikaja-sipelgate eelistatavaks elupaigaks sobivate taimedega monokultuuride istandused, mistõttu lehelõikaja-sipelgad on neotroopikas olulised kahjurid (Della Lucia jt. 2014). Ühed kõige suuremad kahjurid on liigid *Atta sexdens*, *Atta laevigata* ja *Acromyrmex octospinosus*, mis kasutavad laialehelisi taimi ning *Atta capiguara* ja *Acromyrmex landolti*, mis lõikavad rohundeid (Fowler jt. 1989). Lehelõikaja-sipelgad on väga suured kahjurid näiteks eukalüptiistandustes (Della Lucia jt. 2014). Eukalüptiistanduste piirkonnas proovivad metsandusettevõtted igapäevaselt leida viise, kuidas sipelgaid istandustest eemale hoida (Della Lucia jt. 2014). Kasutatakse nii mehhaanilisi, füüsilisi, kui ka põllumajanduslikke tõrjemeetodeid, samuti väga palju keemilisi vahendeid (Della Lucia jt. 2014). Mehaaniline tõrjumine käib näiteks sipelgakuningannade eemaldamise teel pesadest ja ka sipelgapesa pealt komposti eemaldamise teel (Montoya-Lerma jt. 2012). Füüsilise tõrje puhul kasutatakse tõkkeid, mis ei lase lehelõikaja-sipelgatel minna oma kasutatavate ressursside juurde (Montoya-Lerma jt. 2012). Need tõkked on näiteks savist, plastikust või kummist anumad,

milles on õlised vedelikud (Montoya-Lerma jt. 2012). Põllumajanduslikud tõrjemeetodid on näiteks põllupidamise meetodite mitmekesistamine ja kemikaalide ratsionaalne kasutamine (Montoya-Lerma jt. 2012). Näiteks taimeliigi *Tithonia diversifolia* istutamine istandustesse vähendas keemiliste produktide kasutamise vajalikkust istandustes, vähendas taimede atraktiivsust lehelõikaja-sipelgatele ja sellega ka lehtede söömist, samuti vähendas see *Atta cephalotes* rünnakuid istandusele, sest selle taime kemikaalid on lehelõikaja-sipelgate kasvatatavale seenele kahjulikud (Montoya-Lerma jt. 2012). Vasconcelos ja Cherrett (1997) leidsid, et taimeliikide *Bellucia imperialis*, *Cecropia purpurascens*, *Trema micrantha* ja *Vismia cayennensis* istandused, mis ei olnud kaitstud lehelõikaja-sipelgate eest, kannatasid suurema taimede suremuse all kui kaitstud istandused, ja ainult 4,3% istandustest, mis surid, ei olnud rünnatud *Atta laevigata* poolt. Väga palju sõltus istanduse asukohast sipelgaradade suhtes. Rünnatud istandused olid $3,8 \pm 3,2$ m kaugusel pesa sissepääsust, kuid rünnakutest pääsenud istanduste kaugus pesa sissepääsust oli $5,9 \pm 3,9$ m (Vasconcelos ja Cherrett 1997). Lehelõikaja-sipelgad mitte ainult ei hävitanud kaitseta istandusi vaid ka mõjutasid nende kasvu, ehk kaitstud istandused kasvasid palju kiiremini kui kaitseta istandused (Vasconcelos ja Cherrett 1997). Istanduste kaitsmiseks kasutati PVC plastiktoru, mille diameeter oli 10 cm ja kõrgus 15 cm ning see toru oli kaevatud 2 cm ulatuses maa sisse (Vasconcelos ja Cherrett 1997). See toru oli liiga libe, et sipelgad saaksid sellest üle minna (Vasconcelos ja Cherrett 1997). Istanduste ellujäämisel mängis rolli ka istanduse taimede kõrgus ehk vanus ja sipelgarünnakute sagedus (Vasconcelos ja Cherrett 1997). Paremini säilisid istandused, mis olid kõrgemad ja seega vanemad (Vasconcelos ja Cherrett 1997).

Sarnaselt istandustele, on looduslikes metsades lehelõikaja-sipelgate kolooniaid rohkem häiritud ja fragmenteeritud metsades nagu näiteks varasuktsessioonilistel metsaaladel (Vasconcelos ja Cherrett 1995), metsafragmentides (Terborgh jt. 2001) ja metsa servaaladel (Wirth jt. 2007). Vasconcelos ja Cherrett (1995) uurisid lehelõikaja-sipelgate kolooniate tihedust Amasoonase vihmametsas ja leidsid, et perekonna *Acromyrmex* kolooniate tihedus oli kuni 20 korda suurem varasuktsessioonilises (2-5 aasta vanuses) metsas võrreldes puutumatu metsaga ning perekonna *Atta* kolooniate tihedus suurenes varasuktsessioonilises metsas isegi kuni 30 korda. Hilissuktsessioonilises (6-18 aastases) metsas oli mõlema sipelgaperekonna kolooniaid küll vähem kui varasuktsessioonilises metsas, kuid siiski mitte nii vähe kui puutumatus metsas (Vasconcelos ja Cherrett 1995). Terborgh jt. (2001) viisid oma uurimuse läbi Venezuelas ühe hüdroelektrijaama rajamisel tekkinud järve erineva suuruse ning troopilise kuiva metsaga kaetud saartel. Selgus, et väiksematel saartel (0,25–0,9 ha) oli

suhteline lehelõikaja-sipelgate kolooniate arv suurem kui keskmistel (4–12 ha) ja suurtel (>150 ha) saartel: see varieerus 1-4 kolooniast hektaril väikestel saartel kuni 0,04–0,01 kolooniani hektaril suurtel saartel (Terborgh jt. 2001). Wirth jt. (2007) tegid oma uurimuse Coimbra metsas Brasiilias ja uurisid perekonna *Atta* liike. Nad leidsid, et liikide *Atta cephalotes* ja *Atta sexdens* kolooniad paiknesid palju tihedamalt ($4,94 \pm 3,67 \text{ ha}^{-1}$) esimesel 50 m metsa servast kui metsa tuumalal ($1,01 \pm 2,58 \text{ ha}^{-1}$) (Wirth jt. 2007). Samuti märkasid nad, et liigi *Atta sexdens* kolooniate puhul võib servaepekt ulatuda kuni 200 m metsa servast (Wirth jt. 2007). Siqueira jt. (2017) uurisid *Atta* kolooniaid kuivas troopilises metsas Catimbau rahvuspargis, Brasiilias. Uuriti sipelgate elupaiga eelistuse seost kaugusega maanteest kui häiringuga alast (Siqueira jt. 2017). 607 km^2 suurusel maaalal leiti 131 aktiivset *Atta* kolooniat, mis kuulusid kolmele liigile: *A. opaciceps*, *A. sexdens*, *A. laevigata* (Siqueira jt. 2017). Esimesel 50 meetril teest oli kõikide liikide kolooniate tihedus väga kõrge ($15 \pm 2,92 \text{ ha}^{-1}$) ja see vähenes märkimisväärselt teest kaugemal (Siqueira jt. 2017). 300 m kaugusel teest oli kõikide liikide kolooniate tihedus ainult $2,55 \pm 1,65 \text{ ha}^{-1}$ ja näiteks 80 m kaugusel teest ei leitud enam ühtegi *A. laevigata* kolooniat (Siqueira jt. 2017). See näitab *Atta* kolooniate suurt eelistust inimeste kujundatud ja häiritud maastike suhtes troopilises kuivas metsas (Siqueira jt. 2017). Autorid järeldasid, et pesade arvu kasvu mõjutavad tõenäoliselt sipelgakuninganna eelistus pesa rajamiseks avatud elupaigas ning populatsiooni kasvu pidurdavate mõjurite vähesus, mitte lihtsalt see, et kolooniatel on avatud elupaikades rohkem valgust, nagu on rõhutatud teistes neotroopika töödes (Siqueira jt. 2017). Samuti võib öelda, et mõned lehelõikaja-sipelgate kolooniad lõikavad kasu inimhäiringutest ja selle tulemuseks ongi pesade arvu kasv (Siqueira jt. 2017).

Sarnaselt monokultuuridest istandustele, eelistavad lehelõikaja-sipelgad häiritud looduslikke metsi tõenäoliselt sellepärast, et seal kasvab rohkem kasutamiseks sobivaid taimi. On leitud, et mida väiksem on metsafragment ja mida fragmenteeritum on mets, seda rohkem kasvab seal pioneerliike ja vähem varjulembeseid liike (Hill ja Curran 2001). Leal jt. (2014) leidsid, et lehelõikaja-sipelgate herbivooria oli suurem kooslustes, kus domineerisid vähese kaitsevõimega taimeliigid (Leal jt. 2014). Urbas jt. (2007) näitasid, et lehelõikaja-sipelgate herbivooria määr suurenes fragmenteeritud metsa servades pea kaks korda võrreldes metsa tuumalaga. Metsa tuumalal eemaldasid sipelgad 7,8% metsa lehestikust ja metsa servaalal 14,4% (Urbas jt. 2007). Falcao jt. (2011) leidsid, et korjatavate taimeliikide mitmekesisus oli suurem metsa tuumalal võrreldes metsa servaaladega, kus sipelgad korjasid väheseid, kuid arvukalt kasvavaid pioneerliike. Seega võiks pioneertaimede arvukus olla üks põhuseid, miks

lehelõikaja-sipelgad eelistavad selliseid elupaiku. Samas ka lehelõikaja-sipelgad ise soodustavad oma elutegevusega metsa häiringut: suurendavad taimede kärpimisega servaeefekti mõju, laiendavad häiringutega alasid ning sellega seoses tekitavad endale sobivaid elupaiku juurde (Wirth jt. 2007). Leite jt. (2018) leidsid, et liik *Atta laevigata*, kes enamasti elab häiritud aladel, kahandas pinnase infiltratsiooni ja samas suurendas liiva osakaalu oma elutegevusega selles elupaigas. See uurimus viidi läbi semiariidse kliimaga caatinga bioomis Brasiilias, kus aastane keskmine sademete hulk on kõigest 608 mm (Leite jt. 2018). Taimepopulatsioonide tasemel on lehelõikaja-sipelgate herbivooria mõju suurem nendes taimepopulatsioonides, mis on väiksemad ja mis asuvad sipelgapesa või -radade läheduses (Leal jt. 2014). Koosluste tasemel on herbivooria suurem kooslustes, kus domineerivad vähese kaitsevõimega taimeliigid (Leal jt. 2014).

1.5. Ökoloogiline tähtsus

Inimhäiringutega aladel, kus lehelõikaja-sipelgate kolooniaid on palju, on nende mõju herbivooridena ja ka ökosüsteemide mõjutajana väga suur (Leal jt. 2014). Lehelõikaja-sipelgad on väga olulised lagundajad neotroopika toiduvõrgus (Fowler jt. 1989). Perekonna *Atta* kolooniad mängivad tähtsat rolli energia ja toitainete voos ning võivad mängida võtmerolli regulatoorselt nii fosfori- kui ka lämmastikuringes (Fowler jt. 1989). Verchot jt. (2003) leidsid sekundaarsetes Amazonase metsades, et lehelõikaja-sipelgate mõju ammoniumlämmastiku ($\text{NH}_4\text{-N}$) ringele toimus peamiselt maa pinnakihtides. Samas nitraatlämmastiku ($\text{NO}_3\text{-N}$) kontsentratsioonid tõusid märkimisväärselt alles üle 1m sügavusel, kus lehelõikaja-sipelgate kambreid oli palju rohkem (Verchot jt. 2003). Pesades oli $\text{NO}_3\text{-N}$ kontsentratsioon peaaegu 4000% suurem (Verchot jt. 2003). See näitab, et *Atta* liigid muudavad suuresti toitainete kättesaadavust, mis omakorda tõstab mikroobide aktiivsust (Verchot jt. 2003). See aktiivsus ei ole selle pärast suurem, kuna pesade lähedal on lahtist pinnast rohkem, vaid sellepärast, et seal on seened ja lehelõikaja-sipelgate kambrid, mis seda aktiivsust soodustavad (Verchot jt. 2003).

Moutinho jt. (2003) uurisid pinnast ja taimi sipelgaliigi *Atta sexdens* pesade läheduses 17-aastases sekundaarses Amazonase vihmametsas. Nad leidsid, et *Atta sexdens* mängib suurt rolli bioturbatsioonis ja pinnase ümbertõstmises 2-3 m sügavusel (Moutinho jt. 2003). Sipelgapesade ümber olev pinnas oli palju vähem resistentne vee läbitungivusele, omas

väiksemat puistetihedust (väikestest tahketest osakestest aine tihedus, mis on tekkinud aineosakeste vabal langemisel), suuremat makropoorsust ning suuremat taimedele tähtsate toitainete nagu Ca, Mg, K ja nitraadi (NO₃) sisaldust (Moutinho jt. 2003). Pinnase vähenenud resistentsus läbitungivusele ja suurem toitainete sisaldus võib hõlbustada taimejuurte kasvu (Moutinho jt. 2003). Moutinho jt. (2003) leidsid veel, et lehelõikaja-sipelgate pesade lähedal on palju väiksem mulla veesisaldus. Seda võib seletada sellega, et pesade lähedal on taimejuurte tihedus suurem ning juured tarbivad vee ära (Moutinho jt. 2003). Põhjus võib olla ka selles, et veevool sipelgapesa piirkonda on väiksem tänu pesa peal olevale kuplile, mis juhib vee ära (Moutinho jt. 2003). Autorid järeldavad ka, et lehelõikaja-sipelgad ei mõjuta ainult seda ala, kus on nende pesa. Mõjutades pesast kuni 10 m raadiuses kasvavaid taimi kas läbi juurte kasvu või pesa ehitusel toimuvate tegevuste, mõjutab lehelõikaja-sipelgate pesa kokkuvõttes kuni 20% metsast (Moutinho jt. 2003).

Üksikutele taimeisenditele on lehelõikaja-sipelgate mõju pigem negatiivne (Leal jt. 2014). Taimeisenditele on mõju suurem perioodidel, kus taimel tekivad õied, seemned või viljad (Leal jt. 2014). Seda sellepärast, et nende taimeosade kasvatamine nõuab palju energiat, samas on need osad atraktiivne toit lehelõikaja-sipelgatele (Leal jt. 2014). Lisaks kannatavad rohkem taimeisendid, millel on noored lehed või mis on mõne keskkonna poolt põhjustatud stressifaktori mõju all (Leal jt. 2014). On leitud, et sipelgaliigid *Atta cephalotes* ja *Atta sexdens* kahandasid õite ning viljade teket taimeliikide *Lacistema robustum*, *Leandra rufescens*, *Miconia nervosa*, *Psychotria deflexa*, *P. platypoda*, *P. racemosa* ja *Vismia guianensis* isenditel võrreldes nende isenditega, mis olid kaitstud lehelõikaja-sipelgate eest (Leal jt. 2014).

Lehelõikaja-sipelgate mõju taimede seemnetele võib olla nii negatiivne kui ka positiivne. Negatiivne mõju seisneb selles, et seemned viiakse koos arilli või viljaga pessa ning pärast ümbriste eemaldamist transporditakse nad pesast välja nii-nimetatud lehelõikaja-sipelgate prügimäele või jäetakse pessa, kus seemned surevad (Leal jt. 2014). Seemnete transport võib aga olla ka positiivne, sest sipelgad hajutavad selle tegevusega seemneid, seega vähendavad taimede vahelist konkurentsi ning soodustavad idanemist, sest hajutatud seemnetel on väiksem võimalus nakatuda liigispetsiifilise patogeeni (Leal jt. 2014).

Taimekoosluste tasemel avaldub lehelõikaja-sipelgate positiivne mõju selles, et sipelgad ladustavad oma pessa tekkinud jäätmeid (Leal jt. 2014). Eriti oluline on see kohas, kus pinnas ei ole eriti viljakas (Leal jt. 2014). Kui aga pinnas on viljakas ja leherisu eelmaldatakse, mis oleks vajalik orgaaniline allikas organismidele, siis pigem ei ole

pesalähedased alad head kasvukohad taimedele (Leal jt. 2014). Lehelõikaja-sipelgad tekitavad oma elutegevusega ka häilusid nii metsa võrastikus kui ka ainult metsa alumistes kihtides (Leal jt. 2014). Kui konkreetsetes kasvukohas on taimedel vähe valgust, soodustab selline sipelgate tegevus taimede kasvu, kui aga valguse kättesaadavus on kõrge, siis mängivad lehelõikaja-sipelgad taimekoosluse tasemel pigem negatiivset rolli (Leal jt. 2014).

Lehelõikaja-sipelgad on väga olulised ka teistele loomadele, sest paljud loomad toituvad kas täiskasvanud sipelgatest, vastsetest või ka seenest (Fowler jt. 1989). Lisaks kasutavad mõned loomad lehelõikaja-sipelgate pesi inkubatsioonikambritena ja isegi elu- ning peidupaigana (Fowler jt. 1989). Sellised loomad on näiteks vöölased, sipelgaõgijad, erinevad ämblikud ja tuhandejalgssed ning ka erinevad putukad, näiteks teised sipelgad, mardikad ja kärbsed (Fowler jt. 1989). Kuna lehelõikaja-sipelgad on neotroopika endeemsed liigid, siis on nad seotud ka teiste endeemsete taime- ja loomaliikidega ning on seeläbi head bioindikaatorid mõnede taime- ja loomaliikide esinemise või arvukuse hindamiseks (Fowler jt. 1989).

Võib arvata, et ka inimestel oleks lehelõikaja-sipelgatelt üht-teist õppida, sest lehelõikaja-sipelgad arendasid oma ideaalselt töötava põllumajanduse välja kaua aega enne inimesi (Fowler jt. 1989). Lehelõikaja-sipelgate poolt toodetavate ja seeneaia majandamiseks kasutatavate keemiliste ühendite mitmekesisus on väga suur ja alahinnatud, samuti nagu ka põlluharimise strateegiad (Fowler jt. 1989). Seega võivad lehelõikaja-sipelgad anda meile väga palju teavet selle kohta, kuidas paremini maad harida (Fowler jt. 1989).

2. Materjal ja metoodika

2.1. Uurimisala

Kasutasin oma töös Santos jt. (2008) ning Falcão jt. (2011) andmeid, mis on kogutud Coimbra metsast (8°30'S, 35°50'W) Alagoase osariigis loode Brasiilias. See on suurim (3500 ha) ja kõige paremini säilinud atlantilise vihmametsa fragment. Coimbra mets asub merepinnast 300-400 m kõrgusel paikneval platool. Keskmine sademete hulk aastas on 2000 mm. Kuivaperiood kestab 3 kuud, novembrist jaanuarini. Kuivaperioodi sademete hulk on <60 mm kuus. Kõige arvukamad taimede sugukonnad selles metsas on liblikõielised (*Fabaceae*), loorberilised (*Lauraceae*), sapotillipuulised (*Sapotaceae*), kuldploomipuulised (*Chrysobalanaceae*) ja potipuulised (*Lecythidaceae*) (Santos jt. 2008, 2010).

2.2. Uurimuse ülesehitus

Kasutasin Falcão jt. (2011) andmeid lehelõikaja-sipelga *Atta cephalotes* eelistatavate taimeliikide kohta. Falcão jt. (2011) uurisid viit sipelgakolooniat metsa servaalal (kuni 100 m metsa servast) ja viit kolooniat metsa tuumalas. Metsa servaala käsitleti kui häiritud elupaika, metsa tuumala aga kui häiringutest puutumatut elupaika ehk kontrollala, sest seal leidis väga palju taimi ja loomi, kes on omased häirimata atlantilisele vihmametsale (Santos 2008). Metsa servaalal oli kolooniate omavaheline kaugus $2,0 \pm 1,4$ km. Metsa tuumala kolooniad olid metsa servast vähemalt 200 m kaugusel ja üksteisest keskmiselt $1,1 \pm 0,4$ km kaugusel. Uuritavad kolooniad olid valitud nii, et nad oleksid võimalikult ühesuurused ja seega võimalikult ühevanuselised.

Andmeid sipelgate poolt kasutatavate taimeliikide kohta koguti iga kahe kuu tagant ühe aasta jooksul, aastatel 2002-2003 (Urbas 2004; Falcão jt. 2011). Selleks mindi korjamise haripunkti, mis oli umbes südaööl, *Atta cephalotes* pesade juurde (Urbas 2004). Seal imeti käsitolmuimeja abil ühe minuti jooksul sipelgad koos lõigatud lehtedega tolmuimejasse, raputati tolmuimejat kergelt, et sipelgad lehed loovutaksid ning seejärel vabastati sipelgad, aga lehed jäid tolmuimejasse (Urbas 2004). Seda tehti iga lehelõikaja-sipelgate raja juures pesa sissepääsu lähedal. Pärast identifitseeriti taimede lehed (Urbas 2004).

Uurimaks lehelõikaja-sipelgate eelistatavaid taimeliike, oli vaja võrdlevaid andmeid ka ümbritsevas metsas kasvavate taimeliikide kohta. Need andmed sain Coimbra metsa kohta tehtud botaanilisest inventuurist (Santos jt. 2008). Santos jt. (2008) uurisid taimi neljas erinevas kasvukohas, kokku 75 alal (suurusega 10 x 100 m): metsa servalalal (kuni 100 m metsa servast), metsa tuumalal (üle 200 m metsa servast), metsa häiludes (kuni 2 ha suurused taastuvad metsalapid) ja väikestes metsa fragmentides (3,4 - 79,6 ha). Kõik taimed, mis olid rinna kõrguselt diameetriga 10 cm ja suuremad, identifitseeriti (Santos jt. 2008). Sarnaselt Falcão jt. (2011) uurimusele, oli botaaniline inventuur tehtud nii metsa tuumalal kui ka servaalal. Seega oli mul võimalik uurida lehelõikaja-sipelgate poolt taimede kasutamist nendes kahes elupaigas.

Uurimaks lehelõikaja-sipelgate eelistust taimelehtede sitkuse suhtes, võtsin lehe sitkuse andmed andmebaasist TRY (Baraloto jt. 2010, Finegan B. avaldamata, Kattge jt. 2011). Kui andmebaasis ei olnud vajalike taimeliikide andmeid, siis kasutasin taimeperekonna keskmist lehesitkust (Stahl jt. 2013). Kui ka perekonna kohta andmed puudusid (48 liigil 175-st), kasutasin minu uuritavate taimeliikide keskmisi väärtusi.

2.3. Taimede fülogeneesipuu rekonstrueerimine

Koostasid kõikidest Coimbra metsas kasvavatest taimeliikidest (Santos jt. 2008) ajaliselt kalibreeritud fülogeneesipuu. Selleks kasutasin 4 erinevat DNA piirkonda: maturaas K (matK), 5.8S ribosomaalne RNA geen (5.8S), ribuloos-1,5-karboksülaas/bisfosfaat geen (rbcL) ja intergeenne vahekaart (trnL-trnF), mille andmed sain andmebaasist GenBank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>). Kasutasin neid DNA piirkondi, sest nad on kõige sobivamad katteseemnetaimede fülogeneesi rekonstrueerimiseks: matK ja rbcL eristavad hästi fülogeneesipuu juurmisi lahknemisi ehk suuremaid fülogeneetilisi üksusi, 5.8S ja trnL-trnF sobivad aga fülogeneesipuu tipmiste lahknemiste ehk lähisugulasliikide eristamiseks (Chase jt. 2005; Cadotte jt. 2012). Kui mõne liigi puhul ei olnud mõne valitud DNA piirkonna andmed kättesaadavad, kasutasin lähisugulasliikide DNA vastavaid piirkondi (Cadotte jt. 2008, 2009, Lisa 1). Lisaks uurimisala liikidele lisasin fülogeneesipuusse ka liigi *Amborella trichocarpa* kui välisgrupi (Burns & Strauss 2011). Liitsin erinevate DNA piirkondade järjestused ühte suurde maatriksisse programmiga Geneious 9.1.3 (www.geneious.com). Seejärel kasutasin programmi BEAST v1.8.0 (Drummond jt. 2012), et viia läbi Bayesi

analüüs ja lisada fülogeneesipuule ajaline kalibreering. Samale andmemaatriksile rakendasin GTR+ γ mudelit, mis on üks universaalsemaid mudeleid. Molekulaarse kella seadistamiseks muutsin mudeli “relaxed lognormal” peale, mis ei eelda, et evolutsioonipuu eri harudes toimub molekulaarse kella “tiksumine” sama kiirusega, vaid see võib erineda. Parameetri “tree prior” väärtuseks seadistasin “Yule process” ja analüüsi alguspunktiks oleva puu (starting tree) moodutas see programm iseseisvalt ja juhuslikult. Ülejäänud parameetrite eeljaotused jätsin aga muutmata, see tähendab, et kasutasin programmi BEAUTi poolt valitud vaikeväärtusi. Analüüsi kestuseks seadistasin 10 000 000 põlvkonda ja vastavate parameetrite hetkeväärtused salvestas programm iga 1000 põlvkonna järel. Fülogeneesipuu kalibreerimisel võtsin aluseks neli kalibreerimispunkti, milleks olid sugukondade mürdilaadsed (*Myrtales*) (117 mln.a.t), malpiigilaadsed (*Malpighiales*) (111,4 mln.a.t), seebipuulaadsed (*Sapindales*) (109,9 mln.a.t) ja päriskaheidulehelised (*Eudicotyledoneae*) (135,8 mln.a.t) tekke ajalised punktid (Magallón jt. 2015). Selleks, et veenduda, et minu analüüs ei jäänud kinni lokaalsele optimumile, kordasin seda mitu korda ja kontrollisin, kas saadud puud on identse topoloogiaga. Pärast Bayesi analüüsi lõpetamist uurisin neid programmiga Tracer v1.6 (Rambaut jt. 2014), mis võimaldas otsustada, kas saan neid tulemusi kasutada edaspidises analüüsis. Samuti määrasin analüüsi algfaasi (*burn-in*) pikkuse. Tracer v1.6 (Rambaut jt. 2014) abil veendusin, et analüüsi algfaasi pikkuseks on 1 000 000 põlvkonda. Pärast seda kasutasin programmi TreeAnnotator, et konstrueerida lõplik puu, jättes arvestamata esimese 1 000 000 põlvkonna salvestatud puud. Lõpliku fülogeneesipuu visualiseerisin programmiga FigTree.

2.4. Fülogeneetiline signaal

Arvutasin fülogeeneetilise signaali lehelõikaja-sipelgate kasutavatele taimeliikidele (1 = kasutatav taimeliik, 0 = mitte-kasutatav taimeliik), kasutades D-väärtust diskreetsete tunnuste jaoks (Fritz & Purvis 2010). Lisaks arvutasin fülogeneetilise signaali lehe sitkuse ja taimeliikide arvukuse jaoks metsa tuumalal ning servaalal. Seda tegin Pageli λ -väärtuse abil, mida kasutatakse fülogeneetilise signaali arvutamiseks pidevate tunnuste puhul (Pagel 1999). Need analüüsid tegin, kasutades programmi R ja selle pakette ‘*caper*’ ja ‘*phytools*’ (R Core Team 2016).

2.5. Statistilised analüüsid

Testimaks lehe sitkuse ja taimeliikide arvukuse mõju lehelõikaja-sipelgate taimede kasutavuses nii metsa tuumalal kui ka servaalal, kasutasin fülogeneesi arvestavaid üldistatud lineaarseid mudeleid (phyloglm). Nendes mudelites võtsin arvesse ka taimede fülogeneesi, et kontrollida taimede omavahelist sugulust nende tunnuste suhtes. Esialgsed analüüsid näitasid metsa servaaalal nõrka, kuid siiski olulist seost lehe sitkuse ja taimeliikide arvukuse vahel ($R = -0,17$, $t = -2,2$, $P = 0,0307$). Et vältida kollineaarsuse probleeme, hindasin enne mudeli koostamist mudeli dispersiooni inflatsioonitegurit (VIF), võttes arvesse lehe sitkuse ja taimeliikide arvukuse metsa servaaalal (Neter jt. 1990). VIF väärtused olid <3 , mis tähendab kollineaarsuse puudumist ja seega oli lubatud lehe sitkus ja taimeliikide arvukus lisada üldistatud lineaarsesse mudelisse (Neter jt. 1990). Kõik need analüüsid tegin programmis R, kasutades pakette 'car' ja 'phylolm' (R Core Team 2016).

3. Tulemused

Leidsin, et lehelõikaja-sipelgate poolt kasutatavad taimeliigid olid omavahel lähemalt suguluses kui juhuslikult, see tähendab, et taimeliikide kasutatavusel oli fülogeneetiline signaal [$D = 0,52$; $P(\text{juhuslik}) < 0,0001$; $P(\text{Browni liikumine}) < 0,0001$; Joonis 1].

Samuti oli lehe sitkusega: sugulasliikidel olid sarnase sitkusega lehed ($\lambda = 0,25$, $\lambda \neq 0$, $P = 0,0006$; $\lambda \neq 1$, $P < 0,0001$). Samas aga ei olnud fülogeneetilist signaali taimeliikide arvukuses: ei metsa tuumalal ega ka servaalal ei olnud taimeliigid omavahel lähemalt suguluses kui juhuslikult.

Lehelõikaja-sipelgad kasutasid taimeliike, millel olid vähem sitked lehed. See kajastus nii metsa tuumalal ($z = -3,6$; $P = 0,0004$; Tabel 1) kui ka servaalal ($z = -3,2$; $P = 0,0342$; Tabel 1) ja ei olnud sõltuv fülogeneesist (Tabel 1).

Ainult metsa servaalal korjasid lehelõikaja-sipelgad neid taimeliike, mida kasvas seal kõige arvukamalt ($z = 2,1$; $P = 0,0342$; Tabel 1). Metsa tuumalal ei korjatud kõige arvukamaid liike ($z = 1,2$; $P = \text{ebaoluline}$; Tabel 1).

Tabel 1. Lineaarse fülogeneetilise regressiooni (phyloglm) tulemused, testimaks lehe sitkuse ja taimeliikide arvukuse mõju metsas taimede kasutamisele lehelõikaja-sipelgate poolt nii metsa tuumalal kui ka servaalal. Statistiliselt olulised tulemused ($P < 0,05$) on paksus kirjas. eo=ebaoluline.

| Mudel | Metsa elupaik | Efekt | z-väärtus | P |
|---|---------------|-------------|-----------|---------------|
| Lehelõikaja-sipelgate taimede kasutamine ~ | tuumala | lehe sitkus | -3,6 | 0,0004 |
| lehe sitkus + taimeliikide arvukus metsas, fülogenees | | arvukus | 1,2 | eo |
| | servaaala | lehe sitkus | -3,2 | 0,0013 |
| | | arvukus | 2,1 | 0,0342 |

4. Arutelu

Lehelõikaja-sipelgad on kõige arvukamad ja ühed mõjukamad herbivoorid neotroopikas, mistõttu nende elutegevus mõjutab sealseid metsi väga palju (Howard 1987, Wirth jt. 2003). Samuti mõjutavad sealseid metsi inimesed, kes rajavad istandusi, mille tarbeks raiuvad metsi maha. See omakorda avaldab soodsat mõju lehelõikaja-sipelgatele, kes on istandustes tõsised kahjurid (Wirth jt. 2003). Selliste lehelõikaja-sipelgate levikumustrite taga olevad mehhanismid pole aga teada täpselt. Kui suudaksime neid mehhanisme selgitada, siis suudaksime ehk paremini ära hoida istanduste hävitamise lehelõikaja-sipelgate poolt ja ka metsa säilimise. Minagi üritasin käesolevas töös anda vastused mõnede lehelõikaja-sipelgate kasutatavate taimede ja elupaiga eelistusega seotud küsimustele, toetudes Brasiilia atlantilises vihmametsas tehtud uurimusele. Küsimusteks olid: Kas lehelõikaja-sipelgad kasutavad oma elupaigas sugulasliike, ehk kas kasutatavatel taimeliikidel on fülogeneetiline signaal? Kas kõige arvukamatel taimeliikidel või sugulasliikidel on mõni ühine tunnus, mida sipelgad võiksid eelistada, näiteks vähem sitked lehed? Kas lehelõikaja-sipelgad kasutavad oma elupaigas kõige arvukamaid taimeliike?

Töö tulemusena selgus, et taimeliikidel keda lehelõikaja-sipelgad kasutavad on fülogeneetiline signaal. Ma leidsin, et sipelgad kasutavad pigem sugulasliike ja seda nii metsafragmentide tuum- kui ka servaalal. Lehelõikaja-sipelgate poolt kasutatavate taimede omavahelist sugulust pole varem uuritud, samas on näidatud, et lehelõikaja sipelgad eelistavad vähemate herbivooria vastaste kaitsemehhanismidega pioneertaimeliike (Farji-Brener 2001, Urbas 2004). Seega võib käesoleva töö tulemuste põhjal võib ettevaatlikult järeldada, et atlantilises vihmametsas on pioneerliigid omavahel pigem lähedalt suguluses.

Veel uurisin, kas lehelõikaja-sipelgate kasutatavatel taimedel on mingisugune tunnus, mis võib määrata nende taimeliikide eelistuse sipelgate kasutavusel. Leidsin, et sipelgad kasutavad taimi, mille lehed on vähem sitked, ning seda nii metsa tuumalal kui ka servaalal. See tulemus kattub juba teiste teadaolevate uurimustega. Nii Waller (1982), Cherrett (1972) kui ka Nichols-Orians ja Schultz (1989) on näidanud, et lehelõikaja-sipelgad eelistavad vähem sitkete lehtedega taimi. Howard (1988) on ainukesena leidnud, et taime füüsilised kaitsemehhanismid nagu lehe paksus või sitkus ei mõjuta sipelgate kasutatavate taimede eelistust. Ta on lisanud veel, et need mehhanismid võivad saada määravaks vaid kuivades bioomides, kus taimedel on üleüldiselt paksemad lehed. Seda viimast hüpoteesi minu tulemused ei kinnita, sest viisin uurimuse läbi niiskes vihmametsa bioomis. Lisaks leidsin ma,

et sugulasliikidel oli sarnane lehe sitkus. Sellest järeldan, et lehe sitkus määrab ilmselt, miks lehelõikaja sipelgad eelistavad kasutada sugulasliike, ja see arvatavasti tekitabki fülogeneetilise signaali.

Kolmandaks uurisin, kas lehelõikaja-sipelgad kasutavad oma elupaigas kõige arvukamaid taimeliike. Varasemalt on Rockwood (1976) leidnud, et lehelõikaja-sipelgad ei kasuta taimi, mida on nende pesade ümbruses kõige rohkem ja mõnes kohas oli see seos isegi negatiivne. Mina sain oma töös sarnase tulemuse ainult metsa tuumalas. Seal ei korjanud lehelõikaja-sipelgad taimeliike, mida kasvas selles elupaigas arvukalt. Metsa servaalal seda aga tehti: sipelgad kasutasid arvukalt kasvavaid taimeliike vähemarvukatele. Sellele on ilmselt väga lihtne seletus. Häiritud valgusküllasel metsa servaalal kasvab enamasti väga palju häiringulembeseid valgusnõudlikke pioneerliike (Hill ja Curran 2001), millel on kiire kasvustrategia tõttu vähe herbivooria vastasid kaitseaineid nagu ka vähem sitked lehed (Coley jt. 1985). Kuna minu tulemus näitas, et lehelõikaja-sipelgad kasutavad vähem sitkete lehtedega liike, siis seletab see, miks nad kasutavad metsa servaalal arvukalt kasvavaid taimeliike: need arvukalt kasvavad taimeliigid on ilmselt valgusküllast metsa servaala elupaigana eelistavad pioneertaimeliigid, millel on läheda sugulusastme tõttu vähem sitked lehed.

Looduskaitse seisukohast võib fülogeneetiline signaal lehelõikaja-sipelgate kasutatavate taimeliikide kasutuses olla sipelgatele nii eeliseks kui ka puuduseks. Praegu on nendele küsimustele vastamiseks meil liiga vähe informatsiooni ning tulemus sõltub konkreetsest metsast ja elupaigast. On võimalik, et lehelõikaja-sipelgate edu häiritud metsades sõltub just sellest, et nad kasutavad taimeliike, mis on vastavas elupaigas edukad isegi siis, kui sipelgad neid hulganisti korjavad. Inimene oma elutegevuse ehk häiringuga on nende taimeliikide arvukust samuti tõstnud ja sellega on omakorda tekitatud väga hea elupaik lehelõikaja-sipelgatele. Kui aga see taimegrupp peaks mingil põhjusel elupaigast kaduma või selle arvukus drastiliselt vähenema, võib tekkida olukord, kus lehelõikaja-sipelgatel on ellujäämisega suured raskused ning nad kaovad vastavast elupaigast.

Kokkuvõte

Inimtegevuse järjest suurema mõju puhul toimuvad vihmametsadega suured muutused. Istanduste rajamise ja põllumajanduse intensiivistumisega tekitatakse juurde väikeseid metsafragmente. Mida väiksemaks need fragmendid jäävad, seda rohkem see mõjutab tervet metsakooslust. Üheks loomarühmaks, kes metsa fragmenteerumisega igapäevaselt kokku puutub, on lehelõikaja-sipelgad. On märgatud, et metsafragmentides ja just eriti servaaladel on sipelgapesade tihedus palju suurem kui metsa tuumaladel. Samuti on täheldatud, et lehelõikaja-sipelgad kasutavad rohkem pioneertaimeliike ja et metsa servaaladel kasvab just enam neid taimi.

Mina uurisin oma töös Brasiilia atlantilise vihmametsa näitel, (i) kas lehelõikaja-sipelga *Atta cephalotes* kasutatavatel taimedel on fülogeneetiline signaal ehk kas nad on sugulasliigid. Samuti uurisin, (ii) kas lehe sitkus määrab sipelgate taimede kasutamist ning (iii) kas lehelõikaja-sipelgad eelistavad taimi, mida kasvab nende elupaigas arvukalt. Seda uurisin nii metsa tuumalal kui ka servaalal. Koostasid fülogeneesipuu ning uurisin erinevate parameetrite mõju lehelõikaja-sipelgate taimede kasutamisele üldistatud lineaarsete mudelite (phyloglm) abil.

Tulemuseks sain, et lehelõikaja-sipelgate kasutatavatel taimeliikidel oli tõepoolest fülogeneetiline signaal mõlemas elupaigas. Samuti eelistasid lehelõikaja-sipelgad vähem sitkete lehtedega taimi. Taimeliikide arvukus mängis rolli ainult metsa servaalal, ehk metsa servaalal kasutasid lehelõikaja-sipelgad taimi, mida seal kasvas arvukalt.

See, et lehelõikaja-sipelgad kasutavad taimi, mida kasvab elupaigas arvukalt, ongi ilmselt lehelõikaja-sipelgate edu eeliseks metsa servaalal. Kui need taimeliigid aga mingi põhjusel elupaigast kaduma peaksid, läheb sipelgate ellujäämine väga raskeks.

Summary

Leaf-cutting ant diet choice in fragmented Atlantic rainforest

The increasing human activity in rainforests has a huge impact on these ecosystems. Due to clear cuttings and intensified agriculture the continuous forests are separated into small fragments. The smaller the fragment, the more the fragmentation process affects the whole forest community. Leaf-cutting ants are one of the animal groups that benefit from forest fragmentation. It has been shown that in forest fragments and especially in the edge habitat of a fragment, leaf-cutting ant nest densities are much higher than in the interior of the fragment. It is also known that leaf-cutting ants prefer pioneer plant species in their diet, and pioneer plant species are more abundant in edge habitats.

In my study, I investigated (i) whether there is a phylogenetic signal in the usage of plant species by leaf-cutting ants, (ii) whether leaf toughness plays a role in leaf-cutting ant diet, and (iii) whether leaf cutting ants prefer plant species that are more abundant in their habitat. I used the species *Atta cephalotes* as a model system in the edge as well as in the interior of a forest fragment in Brazil. I constructed a phylogenetic tree and used the Phylogenetic Generalized Linear Model (phyloglm) to study the effect of different parameters on leaf-cutting ant diet choice. I found that there is a phylogenetic signal in leaf cutting ant diet in both forest habitats. I also found that leaf-cutting ants prefer plants species with less tough leaves. Plant species' abundance only plays a significant role in edge habitat but not in forest interior: in edge habitat leaf-cutting ants use more abundance plant species.

These results most probably explain the success of leaf-cutting ants in forest edges. On the other hand, should the preferred plant species disappear from a habitat, it would directly affect leaf-cutting ants survival.

Tänuavaldused

Tänan töö juhendajat Pille Gerholdi nõuannete, abistamise, usalduse ja nõudlikkuse eest terve töö tegemise vältel. Samuti tänan Elâine Ribeiro't statistilistes analüüsides abistamise ja juhendamise eest ja Erki Õunapit soovitude eest fülogeneetiliste meetodite osas.

Kasutatud kirjandus

- Baraloto, C., Timothy Paine, C.E., Poorter, L., Beauchene, J., Bonal, D., Domenach, A. M., Herault, B., Patino, S., Roggy, J.C. & Chave, J. 2010. Decoupled leaf and stem economics in rainforest trees. *Ecology Letters* 13: 1338-1347.
- Brandão, C.R.F. & Mayhé-Nunes, A.J. 2007. A phylogenetic hypothesis for the *Trachymyrmex* species groups, and the transition from fungus-growing to leaf-cutting in the *Attini*. *Advances in Ant Systematics (Hymenoptera: Formicidae): Homage to EO Wilson* 50: 72-88.
- Burns, J.H. & Strauss, S.Y. 2011. More closely related species are more ecologically similar in an experimental test. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108: 5302-5307.
- Cadotte, M.W., Cardinale, B.J. & Oakley, T.H. 2008. Evolutionary history and the effect of biodiversity on plant productivity. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105: 17012-17017.
- Cadotte, M.W., Cavender-Bares, J., Tilman, D. & Oakley, T.H. 2009. Using phylogenetic, functional and trait diversity to understand patterns of plant community productivity. *PloS One* 4: e5695.
- Cadotte, M.W., Dinnage, R., & Tilman, D. 2012. Phylogenetic diversity promotes ecosystem stability. *Ecology* 93: S223-S233.
- Chapela, I.H., Rehner, S.A., Schultz, T.R. & Mueller, U.G. 1994. Evolutionary history of the symbiosis between fungus-growing ants and their fungi. *Science* 266: 1691-1694.
- Chase, M.W., Salamin, N., Wilkinson, M., Dunwell, J.M., Kesanakurthi, R.P., Haidar, N., & Savolainen, V. 2005. Land plants and DNA barcodes: short-term and long-term goals. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 360: 1889-1895.
- Cherrett, J.M. 1968. The foraging behaviour of *Atta cephalotes* L. (Hymenoptera, Formicidae). *The Journal of Animal Ecology*: 387-403.

- Cherrett, J.M. 1972. Some factors involved in the selection of vegetable substrate by *Atta cephalotes* (L.)(Hymenoptera: Formicidae) in tropical rain forest. *The Journal of Animal Ecology*: 647-660.
- Cherrett, J.M., Powell, R.J. & Stradling, D.J. 1989. The mutualism between leaf-cutting ants and their fungus. *Insect-fungus Interactions*: 93-120.
- Coley, P.D., Bryant, J.P. & Chapin, F.S. 1985. Resource availability and plant antiherbivore defense. *Science* 230: 895-899.
- Della Lucia, T., Gandra, L.C. & Guedes, R.N. 2014. Managing leaf-cutting ants: peculiarities, trends and challenges. *Pest Management Science* 70: 14-23.
- Drummond, A.J., Suchard, M.A., Xie, D. & Rambaut, A. 2012. Bayesian phylogenetics with BEAUti and the BEAST 1.7. *Molecular Biology and Evolution* 29: 1969-1973.
- Falcão, P.F., Pinto, S.R.R., Wirth, R. & Leal, I.R. 2011. Edge-induced narrowing of dietary diversity in leaf-cutting ants. *Bulletin of Entomological Research* 101: 305-311.
- Farji-Brener, A.G. 2001. Why are leaf-cutting ants more common in early secondary forests than in old-growth tropical forests? An evaluation of the palatable forage hypothesis. *Oikos* 92: 169-177.
- Fowler, H.G., Pagani, M.I., Da Silva, O.A., Forti, L.C., Da Silva, V.P. & De Vasconcelos, H.L. 1989. A pest is a pest is a pest? The dilemma of neotropical leaf-cutting ants: keystone taxa of natural ecosystems. *Environmental Management* 13: 671-675.
- Fritz, S. A. & Purvis, A. 2010. Selectivity in mammalian extinction risk and threat types: a new measure of phylogenetic signal strength in binary traits. *Conservation Biology* 24: 1042-1051.
- Hill, J.L. & Curran, P.J. 2001. Species composition in fragmented forests: conservation implications of changing forest area. *Applied Geography* 21: 157-174.
- Howard, J.J. 1987. Leafcutting ant diet selection: the role of nutrients, water, and secondary chemistry. *Ecology* 68: 503-515.

- Howard, J.J. 1988. Leafcutting and diet selection: relative influence of leaf chemistry and physical features. *Ecology* 69: 250-260.
- Kattge, J., Diaz, S., Lavorel, S., Prentice, I.C., Leadley, P., Bönsch, G., Garnier, E., Westoby, M., Reich, P.B., Wright, I.J. & Cornelissen, J.H.C. 2011. TRY—a global database of plant traits. *Global Change Biology* 17: 2905-2935.
- Leal, I.R., Wirth, R. & Tabarelli, M. 2014. The multiple impacts of leaf-cutting ants and their novel ecological role in human-modified neotropical forests. *Biotropica* 46: 516-528.
- Leite, P.A., Carvalho, M.C. & Wilcox, B.P. 2018. Good ant, bad ant? Soil engineering by ants in the Brazilian Caatinga differs by species. *Geoderma* 323: 65-73.
- Magallón, S., Gómez-Acevedo, S., Sánchez-Reyes, L.L. & Hernández-Hernández, T. 2015. A metacalibrated time-tree documents the early rise of flowering plant phylogenetic diversity. *New Phytologist* 207: 437-453.
- Montoya-Lerma, J., Giraldo-Echeverri, C., Armbrrecht, I., Farji-Brener, A. & Calle, Z. 2012. Leaf-cutting ants revisited: Towards rational management and control. *International Journal of Pest Management* 58: 225-247.
- Moreira, A., Forti, L.C., Andrade, A.P., Boaretto, M.A. & Lopes, J. 2004. Nest architecture of *Atta laevigata* (F. Smith, 1858)(Hymenoptera: Formicidae). *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 39: 109-116.
- Moser, J.C. 1967. Trails of the leafcutters. *The Journal of the American Museum of Natural History* Vol. LXXXVI: 33-37.
- Moutinho, P., Nepstad, D.C. & Davidson, E.A. 2003. Influence of leaf-cutting ant nests on secondary forest growth and soil properties in Amazonia. *Ecology* 84: 1265-1276.
- Neter, J., Wasserman, W. & Kutner, M.H. 1990. Applied Linear Statistical Models. Irwin, Chicago, Illinois, USA.

- Nichols-Orians, C.M. & Schultz, J.C. 1989. Leaf toughness affects leaf harvesting by the leaf cutter ant, *Atta cephalotes* (L.)(Hymenoptera: Formicidae). *Biotropica*: 80-83.
- Pagel, M. 1999. Inferring the historical patterns of biological evolution. *Nature* 401: 877-884.
- R Core Team. 2016. R: A Language and Environment for Statistical Computing, Version 3.3.1. Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Rambaut, A., Suchard, M.A., Xie, D. & Drummond, A.J. 2014. Tracer v1. 6. Computer program and documentation distributed by the author.
- Rockwood, L.L. 1976. Plant Selection and Foraging Patterns in Two Species of Leaf-Cutting Ants (*Atta*). *Ecology* 57: 48-61.
- Rockwood, L.L. & Hubbell, S.P. 1987. Host-plant selection, diet diversity, and optimal foraging in a tropical leafcutting ant. *Oecologia* 74: 55-61.
- Santos, B.A., Arroyo-Rodríguez, V., Moreno, C.E. & Tabarelli, M. 2010. Edge-related loss of tree phylogenetic diversity in the severely fragmented Brazilian Atlantic forest. *PLoS One* 5: e12625.
- Santos, B.A., Peres, C.A., Oliveira, M.A., Grillo, A., Alves-Costa, C.P. & Tabarelli, M. 2008. Drastic erosion in functional attributes of tree assemblages in Atlantic forest fragments of northeastern Brazil. *Biological Conservation* 141: 249-260.
- Schessl, M., Da Silva, W.L. & Gottsberger, G. 2008. Effects of fragmentation on forest structure and litter dynamics in Atlantic rainforest in Pernambuco, Brazil. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 203: 215-228.
- Siqueira, F.F., Ribeiro-Neto, J.D., Tabarelli, M., Andersen, A.N., Wirth, R. & Leal, I.R. 2017. Leaf-cutting ant populations profit from human disturbances in tropical dry forest in Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 33: 337-344.
- Stahl, T., Riebe, R.A., Falk, S., Failing, K. & Brunn, H. 2013. Long-term lysimeter experiment to investigate the leaching of perfluoroalkyl substances (PFASs) and the

- carry-over from soil to plants: results of a pilot study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 61: 1784-1793.
- Terborgh, J., Lopez, L., Nuñez, P., Rao, M., Shahabuddin, G., Orihuela, G., Riveros, M., Ascanio, R., Adler, G.H., Lambert, T.D. & Balbas, L. 2001. Ecological meltdown in predator-free forest fragments. *Science* 294: 1923-1926.
- Urbas P. 2004. Effects of forest fragmentation on bottom-up control in leaf-cutting ants. Dissertation zur Erlangung des naturwissenschaftlichen Doktorgrades. Technische Universität Kaiserslautern, Kaiserslautern.
- Urbas, P., Araújo, M.V., Leal, I.R. & Wirth, R. 2007. Cutting more from cut forests: edge effects on foraging and herbivory of leaf-cutting ants in Brazil. *Biotropica* 39: 489-495.
- Vasconcelos, H.L. & Cherrett, J.M. 1995. Changes in leaf-cutting ant populations (*Formicidae: Attini*) after the clearing of mature forest in Brazilian Amazonia. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 30: 107-113.
- Vasconcelos, H.L. & Cherrett, J.M. 1997. Leaf-cutting ants and early forest regeneration in central Amazonia: effects of herbivory on tree seedling establishment. *Journal of Tropical Ecology* 13: 357-370.
- Verchot, L.V., Moutinho, P.R. & Davidson, E.A. 2003. Leaf-cutting ant (*Atta sexdens*) and nutrient cycling: deep soil inorganic nitrogen stocks, mineralization, and nitrification in Eastern Amazonia. *Soil Biology and Biochemistry* 35: 1219-1222.
- Waller, D.A. 1982. Leaf-cutting ants and avoided plants: defences against *Atta texana* attack. *Oecologia* 52: 400-403.
- Weber, N.A. 1956. Fungus-Growing Ants and Their Fungi: *Trachymyrmex Septentrionalis*. *Ecology* 37: 150-161.
- Weber, N.A. 1966. "Fungus-Growing Ants". *Science* 153: 587-604.
- Weber, N.A. 1982. Fungus ants. *Social Insects* 4: 255-363.
- Wilson, E.O. 1963. Pheromones. *Scientific American* 208: 100-115.

- Wirth, R., Herz, H., Ryel, R.J., Beyschlag, W. & Hölldobler, B. 2003. Herbivory of Leaf Cutting Ants. A Case study in the tropical rainforest of Panama.
- Wirth, R., Meyer, S.T., Almeida, W.R., Araújo, M.V., Barbosa, V.S. & Leal, I.R. 2007. Increasing densities of leaf-cutting ants (*Atta* spp.) with proximity to the edge in a Brazilian Atlantic forest. *Journal of Tropical Ecology* 23: 501-505.

LISAD

Lisa 1. DNA piirkonnad, mida kasutasin fülogeneesipuu koostamisel. Kasutasin nelja DNA piirkonda: maturaas K (matK), 5.8S ribosomaalne RNA geen (5.8S), ribuloos-1,5-karboksülaas/bisfosfaat geen (rbcl) ja intergeenne vahekaart (trnL-trnF). Andmed sain andmebaasist GenBank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>) ja liigi *Amborella* jaoks andmebaasist Genome Database (<http://amborella.huck.psu.edu/shortstack>). NA=andmed puuduvad.

| Uuritav liik | Liik, mille matK piirkonda kasutati | matK | Liik, mille 5.8S piirkonda kasutati | 5.8S | Liik, mille rbcl piirkonda kasutati | rbcl | Liik, mille trnL-trnF piirkonda kasutati | trnL-trnF |
|---------------------------------|-------------------------------------|----------|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|----------|--|-----------|
| <i>Amborella trichopoda</i> | <i>Amborella trichopoda</i> | AF543721 | <i>Amborella trichopoda</i> | AmTr_v1.0_scaffold03396 | <i>Amborella trichocarpa</i> | L12628 | <i>Amborella trichocarpa</i> | AY14532 |
| <i>Aegiphila pernambucensis</i> | <i>Aegiphila panamensis</i> | JQ588060 | <i>Aegiphila monstrosa</i> | DQ070729 | <i>Aegiphila martinicensis</i> | KJ082109 | <i>Aegiphila brachiata</i> | FJ952019 |
| <i>Allophylus edulis</i> | <i>Allophylus racemosus</i> | JQ589129 | <i>Allophylus spicatus</i> | JN190973 | <i>Allophylus latifolius</i> | JQ626325 | NA | NA |
| <i>Alseis sp.</i> | <i>Alseis floribunda</i> | FJ905330 | <i>Alseis floribunda</i> | FJ984954 | <i>Alseis lugonis</i> | Y18709 | <i>Alseis smithii</i> | AF152647 |
| <i>Amaioua sp.</i> | <i>Amaioua corymbosa</i> | GQ981931 | <i>Duroia aquatica</i> | AF183782 | <i>Amaioua corymbosa</i> | JQ626322 | <i>Amaioua guianensis</i> | AF201030 |
| <i>Andira legalis</i> | <i>Andira ormosioides</i> | JX295963 | <i>Andira galeottiana</i> | U59889 | <i>Andira aubletii</i> | AY904389 | <i>Andira legalis</i> | JX275923 |
| <i>Andira paniculata</i> | <i>Andira aubletii</i> | JQ626385 | <i>Andira sp. 1 queiroz</i> | JX295896 | <i>Andira surinamensis</i> | JQ625880 | <i>Andira carvalhoi</i> | JX275925 |
| <i>Andira sp. 1</i> | <i>Andira humilis</i> | JX295961 | <i>Andira cujabensis</i> | FJ542768 | <i>Andira inermis</i> | JQ625802 | <i>Andira humilis</i> | JX275924 |
| <i>Andira sp.2</i> | <i>Andira carvalhoi</i> | JX295959 | <i>Andira cordata</i> | FJ542767 | <i>Andira anthelmia</i> | KF981224 | <i>Andira nitida</i> | JX275922 |
| <i>Annona sp.</i> | <i>Annona glabra</i> | JQ586487 | <i>Annona squamosa</i> | JN115014 | <i>Annona glabra</i> | AY841596 | <i>Annona glabra</i> | AY819068 |

| | | | | | | | | |
|---------------------------------|--------------------------------|----------|-----------------------------------|----------|---------------------------------|----------|---------------------------------|----------|
| <i>Apeiba tibourbou</i> | <i>Apeiba tibourbou</i> | JQ589326 | NA | NA | <i>Apeiba tibourbou</i> | AJ233145 | NA | NA |
| <i>Artocarpus heterophyllus</i> | <i>Artocarpus altilis</i> | KJ767846 | <i>Artocarpus nitidus</i> | KR531792 | <i>Artocarpus heterophyllus</i> | KF724291 | <i>Artocarpus heterophyllus</i> | FJ917113 |
| <i>Aspidosperma discolor</i> | <i>Aspidosperma album</i> | JQ626571 | <i>Aspidosperma marcgravianum</i> | FJ037793 | <i>Aspidosperma album</i> | JQ626287 | <i>Aspidosperma pyrifolium</i> | AF214164 |
| <i>Aspidosperma spruceanum</i> | <i>Aspidosperma spruceanum</i> | GQ981941 | <i>Aspidosperma cruentum</i> | FJ037792 | <i>Aspidosperma spruceanum</i> | JQ625998 | <i>Aspidosperma desmanthum</i> | AF214160 |
| <i>Ballizia pedicellaris</i> | <i>Balizia pedicellaris</i> | KF981315 | <i>Balizia pedicellaris</i> | JX870657 | <i>Balizia pedicellaris</i> | JQ625907 | <i>Balizia pedicellaris</i> | JX870789 |
| <i>Banara guianensis</i> | NA | NA | NA | NA | <i>Banara guianensis</i> | AJ402923 | <i>Banara umbraticola</i> | AY756999 |
| <i>Bowdichia virgilioides</i> | <i>Bowdichia sp.</i> | KF667960 | <i>Bowdichia virgilioides</i> | EF457709 | <i>Bowdichia sp.</i> | KF667939 | <i>Bowdichia nitida</i> | JX124432 |
| <i>Brosimum guianensis</i> | <i>Brosimum guianense</i> | JQ626530 | <i>Brosimum guianense</i> | FJ037845 | <i>Brosimum guianense</i> | JQ626188 | <i>Brosimum lactescens</i> | FJ917061 |
| <i>Brosimum paraensis</i> | <i>Brosimum lactescens</i> | JQ588393 | <i>Brosimum lactescens</i> | FJ916996 | <i>Brosimum rubescens</i> | JQ625739 | <i>Brosimum alicastrum</i> | AF501601 |
| <i>Buchenavia sp.</i> | <i>Buchenavia tetraphylla</i> | HM446660 | <i>Buchenavia reticulata</i> | FJ381770 | <i>Buchenavia reticulata</i> | KF753908 | NA | NA |
| <i>Byrsonima crispa</i> | <i>Byrsonima crispa</i> | HQ247238 | <i>Byrsonima vacciniifolia</i> | DQ787387 | <i>Byrsonima crispa</i> | HQ247461 | <i>Byrsonima crassifolia</i> | AF350945 |
| <i>Byrsonima sericea</i> | <i>Byrsonima crassifolia</i> | KR270510 | <i>Byrsonima gardneriana</i> | DQ787385 | <i>Byrsonima lucida</i> | KJ773326 | NA | NA |

| | | | | | | | | |
|--------------------------------|--------------------------------|----------|--------------------------------|----------|----------------------------------|----------|---------------------------------|----------|
| <i>Byrsonima stipulacea</i> | <i>Byrsonima wadsworthii</i> | KJ012493 | <i>Byrsonima crassifolia</i> | DQ787393 | <i>Byrsonima laevigata</i> | JQ625809 | NA | NA |
| <i>Cabralea sp.</i> | <i>Cabralea canjerana</i> | KF555384 | <i>Cabralea canjerana</i> | KF421013 | <i>Cabralea canjerana</i> | DQ238055 | NA | NA |
| <i>Casearia javitensis</i> | <i>Casearia javitensis</i> | JQ626446 | <i>Casearia velutina</i> | KP092978 | <i>Casearia javitensis</i> | JQ626018 | <i>Casearia javitensis</i> | AY757015 |
| <i>Cecropia hololeuca</i> | <i>Cecropia obtusa</i> | JQ626552 | <i>Cecropia peltata</i> | KT207489 | <i>Cecropia obtusa</i> | JQ626251 | <i>Cecropia obtusifolia</i> | DQ179377 |
| <i>Cecropia pachystachya</i> | <i>Cecropia peltata</i> | JQ589392 | <i>Cecropia ficifolia</i> | KF137825 | <i>Cecropia pachystachya</i> | KF981293 | <i>Cecropia obtusifolia</i> | KF138297 |
| <i>Cedrela sp.</i> | <i>Cedrela odorata</i> | JQ588335 | <i>Cedrela sp.</i> | KM408336 | <i>Cedrela odorata</i> | AJ402938 | <i>Cedrela fissilis</i> | EU853783 |
| <i>Chamaecrista ensiformis</i> | <i>Chamaecrista kleinii</i> | KJ638456 | <i>Chamaecrista trichopoda</i> | GU175318 | <i>Chamaecrista kleinii</i> | KJ696774 | <i>Chamaecrista supplex</i> | FJ009923 |
| <i>Chrysophyllum splendens</i> | <i>Chrysophyllum splendens</i> | JQ413883 | <i>Chrysophyllum eximium</i> | FJ037866 | <i>Chrysophyllum cuneifolium</i> | JQ625874 | <i>Chrysophyllum roxburghii</i> | DQ344289 |
| <i>Clarisia tomentosa</i> | NA | NA | NA | NA | <i>Clarisia biflora</i> | JQ592805 | <i>Clarisia biflora</i> | FJ917067 |
| <i>Clidemia hirta</i> | <i>Clidemia septuplinervia</i> | GQ981968 | <i>Clidemia chocoensis</i> | KJ361768 | <i>Clidemia rubra</i> | AF215535 | NA | NA |
| <i>Clidemia sp</i> | <i>Clidemia dentata</i> | EU002173 | <i>Clidemia ampla</i> | AY460470 | <i>Clidemia sp.</i> | JQ592654 | NA | NA |
| <i>Coccoloba sp.</i> | <i>Coccoloba mollis</i> | JQ626541 | <i>Coccoloba brasiliensis</i> | HM137430 | <i>Coccoloba mollis</i> | JQ626225 | <i>Coccoloba uvifera</i> | JQ352754 |
| <i>Coccoloba sp.2</i> | <i>Coccoloba pyrifolia</i> | HM446675 | <i>Coccoloba uvifera</i> | JQ352608 | <i>Coccoloba pyrifolia</i> | Z97647 | NA | NA |

| | | | | | | | | |
|--------------------------------|------------------------------|----------|----------------------------------|----------|---------------------------------|----------|---------------------------------|----------|
| <i>Copaifera langsdorffii</i> | <i>Copaifera mildbraedii</i> | EU361917 | <i>Copaifera coriacea</i> | FJ009816 | NA | NA | <i>Copaifera salikounda</i> | AF549281 |
| <i>Cordia sellowiana</i> | <i>Cordia sagotii</i> | JQ626469 | <i>Cordia leucophlyctis</i> | HM443751 | <i>Cordia sagotii</i> | JQ626197 | <i>Cordia decandra</i> | EF688851 |
| <i>Cordia corymbosa</i> | <i>Cordia torrei</i> | JX517572 | <i>Cordia revoluta</i> | HM443775 | <i>Cordia trichotoma</i> | EU599827 | <i>Cordia lutea</i> | KF158215 |
| <i>Couepia impressa</i> | <i>Couepia magnoliifolia</i> | JQ898869 | <i>Couepia bracteosa</i> | FJ037806 | <i>Couepia magnoliifolia</i> | JQ626277 | NA | NA |
| <i>Coutarea</i> | <i>Coutarea hexandra</i> | GQ981975 | <i>Coutarea hexandra</i> | AY763890 | <i>Coutarea hexandra</i> | AM117221 | <i>Coutarea hexandra</i> | GQ852487 |
| <i>Couepia rufa</i> | <i>Couepia guianensis</i> | JQ898837 | <i>Couepia guianensis</i> | FJ037808 | <i>Couepia guianensis</i> | JQ626008 | NA | NA |
| <i>Couepia sp.</i> | <i>Couepia bracteosa</i> | JQ898862 | <i>Couepia magnoliifolia</i> | JQ898999 | <i>Couepia obovata</i> | GQ424477 | NA | NA |
| <i>Croton floribundus</i> | <i>Croton menyharthii</i> | KF147385 | <i>Croton floribundus</i> | HM564080 | <i>Croton maestrense</i> | EF405857 | <i>Croton malvaviscifolius</i> | EU478162 |
| <i>Cryptocarya sp.</i> | <i>Cryptocarya alba</i> | AM889701 | <i>Cryptocarya aschersoniana</i> | KF421006 | <i>Cryptocarya hainanensis</i> | KP752394 | <i>Cryptocarya calcicola</i> | KC958624 |
| <i>Cupania oblongifolia</i> | <i>Cupania guatemalensis</i> | JQ589143 | <i>Cupania scrobiculata</i> | FJ037861 | <i>Cupania cinerea</i> | JX987584 | <i>Cupania rubiginosa</i> | EU721439 |
| <i>Cupania racemosa</i> | <i>Cupania americana</i> | KJ012555 | <i>Cupania cinerea</i> | AY635526 | <i>Cupania diphylla</i> | JQ625959 | <i>Cupania guatemalensis</i> | EU721485 |
| <i>Cupania revoluta</i> | <i>Cupania glabra</i> | JQ589142 | <i>Cupania vernalis</i> | KF421005 | <i>Cupania rubiginosa</i> | JQ626292 | <i>Cupania dentata</i> | EU721477 |
| <i>Cytharexylum myrianthum</i> | <i>Citharexylum spinosum</i> | JX495694 | <i>Citharexylum fruticosum</i> | AY928521 | <i>Citharexylum berlandieri</i> | HQ384876 | <i>Citharexylum berlandieri</i> | HQ412932 |
| <i>Dialium guianense</i> | <i>Dialium schlechteri</i> | JX517752 | NA | NA | <i>Dialium guianense</i> | JQ625793 | <i>Dialium guianense</i> | AY958488 |

| | | | | | | | | |
|---------------------------------|-----------------------------------|----------|------------------------------------|----------|--------------------------------|----------|-----------------------------------|----------|
| <i>Dilodendron bipinatum</i> | <i>Dilodendron costaricense</i> | JQ589152 | NA | NA | <i>Dilodendron bipinnatum</i> | GU935449 | <i>Dilodendron bipinnatum</i> | AY594510 |
| <i>Diploporis purpurea</i> | <i>Diploporis purpurea</i> | JX124418 | <i>Diploporis duckei</i> | JX124508 | <i>Diploporis purpurea</i> | JQ625878 | <i>Diploporis triloba</i> | JX124437 |
| <i>Eriotheca gracilipes</i> | <i>Eriotheca longitubulosa</i> | JQ626561 | <i>Eriotheca estevesiae</i> | KM283224 | <i>Eriotheca longitubulosa</i> | JQ626270 | <i>Eriotheca longipedicellata</i> | HQ696770 |
| <i>Erythroxyllum mucronatum</i> | <i>Erythroxyllum rufum</i> | KJ012581 | <i>Erythroxyllum amplifolium</i> | DQ787423 | <i>Erythroxyllum confusum</i> | L13183 | <i>Erythroxyllum</i> sp. | KC428510 |
| <i>Eschweilera ovata</i> | <i>Eschweilera chartaceifolia</i> | JQ626416 | <i>Eschweilera panamensis</i> | JN222269 | <i>Eschweilera decolorans</i> | JQ626200 | <i>Eschweilera ovata</i> | DQ417974 |
| <i>Eschweilera</i> sp. | <i>Eschweilera decolorans</i> | JQ626532 | <i>Eschweilera laevicarpa</i> | JN222284 | <i>Eschweilera coriacea</i> | JQ626161 | <i>Eschweilera laevicarpa</i> | JN221980 |
| <i>Eugenia</i> sp. | <i>Eugenia oerstediana</i> | JQ588485 | <i>Eugenia</i> cf. <i>rostrata</i> | DQ787392 | <i>Eugenia tetramera</i> | JQ626289 | <i>Eugenia uniflora</i> | KP722326 |
| <i>Ficus guaranythica</i> | <i>Ficus aurea</i> | KJ772786 | <i>Ficus densifolia</i> | KJ845985 | <i>Ficus aurea</i> | KJ773509 | <i>Ficus tikoua</i> | JN040373 |
| <i>Ficus</i> sp. | <i>Ficus racemosa</i> | JX495715 | <i>Ficus orthoneura</i> | KJ845987 | <i>Ficus racemosa</i> | JQ773741 | <i>Ficus hirta</i> | GQ452027 |
| <i>Guapira opposita</i> | <i>Guapira opposita</i> | KF981349 | <i>Guapira discolor</i> | EF079476 | <i>Guapira opposita</i> | KF981271 | <i>Guapira fragrans</i> | JX844282 |
| <i>Guarea guidonia</i> | <i>Guarea guidonia</i> | HM446695 | <i>Guarea silvatica</i> | FJ037836 | <i>Guarea guidonia</i> | JQ626153 | <i>Guarea macrophylla</i> | EU853797 |
| <i>Guazuma ulmifolia</i> | <i>Guazuma ulmifolia</i> | JQ589300 | <i>Guazuma ulmifolia</i> | AY083658 | <i>Guazuma crinita</i> | GU981727 | <i>Guazuma ulmifolia</i> | HQ656780 |
| <i>Guatteria pogonopus</i> | <i>Guatteria australis</i> | AY740915 | <i>Uvaria micrantha</i> | AF427506 | <i>Guatteria pilosula</i> | DQ861813 | <i>Guatteria schomburgkiana</i> | DQ861872 |

| | | | | | | | | |
|--------------------------------|--------------------------------|----------|--------------------------------|----------|--------------------------------|----------|-------------------------------|----------|
| <i>Helicostylis tomentosa</i> | <i>Helicostylis tomentosa</i> | JQ626514 | <i>Helicostylis tomentosa</i> | FJ037846 | <i>Helicostylis tomentosa</i> | FJ038122 | NA | NA |
| <i>Henriettea succosa</i> | <i>Henriettea macfadyenii</i> | KJ012634 | <i>Henriettea succosa</i> | AY460568 | <i>Henriettea succosa</i> | KF781628 | NA | NA |
| <i>Himatanthus bracteatus</i> | <i>Himatanthus sp.</i> | JQ626428 | NA | NA | <i>Himatanthus sp.</i> | JQ625987 | <i>Himatanthus bracteatus</i> | EF456161 |
| <i>Hirtella hebeclada</i> | <i>Hirtella hebeclada</i> | JQ898843 | <i>Hirtella araguariensis</i> | FJ037809 | <i>Hirtella macrosepala</i> | JQ625795 | NA | NA |
| <i>Hortia arborea</i> | NA | NA | <i>Ravenia spectabilis</i> | KP866641 | <i>Hortia excelsa</i> | JQ625842 | <i>Hortia superba</i> | EU853804 |
| <i>Hyeronyma alchornioides</i> | <i>Hieronyma alchorneoides</i> | JQ626494 | <i>Hieronyma alchorneoides</i> | FJ037824 | <i>Hieronyma alchorneoides</i> | JQ626093 | <i>Hieronyma nipensis</i> | HG971887 |
| <i>Hyeronima sp.</i> | <i>Hieronyma oblonga</i> | AY830268 | NA | NA | <i>Hieronyma oblonga</i> | AY830387 | <i>Hieronyma nipensis</i> | HG971886 |
| <i>Hymenaea courbaril</i> | <i>Hymenaea courbaril</i> | JQ587661 | <i>Hymenaea courbaril</i> | FJ009817 | <i>Hymenaea courbaril</i> | JQ625969 | <i>Hymenaea courbaril</i> | FJ009872 |
| <i>Ilex sp.</i> | <i>Ilex verticillata</i> | KJ592998 | <i>Ilex theezans</i> | KF420998 | <i>Ilex tsoii</i> | FJ394645 | <i>Ilex tsoii</i> | FJ394787 |
| <i>Inga blanchetiana</i> | <i>Inga vera</i> | JQ587688 | <i>Inga vera</i> | GU013408 | <i>Inga nouragensis</i> | JQ626021 | <i>Inga ruiziana</i> | GQ118738 |
| <i>Inga capitata</i> | <i>Inga sertulifera</i> | JQ587685 | <i>Inga sertulifera</i> | GU013288 | <i>Inga capitata</i> | JQ625753 | <i>Inga sapindoides</i> | GQ118739 |
| <i>Inga dysantha</i> | <i>Inga punctata</i> | JQ587684 | <i>Inga punctata</i> | GU013231 | <i>Inga longipedunculata</i> | JQ626257 | <i>Inga ruiziana</i> | GQ118738 |
| <i>Inga edulis</i> | <i>Inga oerstediana</i> | JQ587681 | <i>Inga edulis</i> | GU013047 | <i>Inga edulis</i> | FJ173737 | <i>Inga peyizifera</i> | GQ118735 |

| | | | | | | | | |
|--------------------------------|---------------------------|----------|----------------------------|----------|---------------------------|----------|----------------------------|----------|
| <i>Inga flagelliformis</i> | <i>Inga chocoensis</i> | JQ587675 | <i>Inga laurina</i> | GU013107 | <i>Inga rubiginosa</i> | JQ626295 | <i>Inga multijuga</i> | GQ118733 |
| <i>Inga striata</i> | <i>Inga pezizifera</i> | GQ982020 | <i>Inga pezizifera</i> | KT722480 | <i>Inga pezizifera</i> | JQ626261 | <i>Inga goldmanii</i> | GQ118723 |
| <i>Inga thibaudiana</i> | <i>Inga acuminata</i> | JQ587669 | <i>Inga thibaudiana</i> | GU013363 | <i>Inga thibaudiana</i> | GQ981779 | <i>Inga thibaudiana</i> | JX870881 |
| <i>Inga sp.1</i> | <i>Inga leiocalycina</i> | JQ626467 | <i>Inga leiocalycina</i> | GU013138 | <i>Inga stipularis</i> | JQ626223 | <i>Inga acuminata</i> | GQ118713 |
| <i>Inga sp.2</i> | <i>Inga acreana</i> | JQ626411 | <i>Inga acreana</i> | GU012843 | <i>Inga loubryana</i> | JQ626215 | <i>Inga cocleensis</i> | GQ118721 |
| <i>Inga sp.3</i> | <i>Inga acrocephala</i> | JQ626478 | <i>Inga sp.</i> | GU013458 | <i>Inga acrocephala</i> | JQ626072 | <i>Inga nouragensis</i> | KT722563 |
| <i>Jacaratia spinosa</i> | <i>Jacaratia spinosa</i> | JX092015 | <i>Jacaratia spinosa</i> | JX092062 | <i>Jacaratia spinosa</i> | JX091924 | <i>Jacaratia digitata</i> | JX091831 |
| <i>Lecythis cf. lanceolata</i> | <i>Lecythis corrugata</i> | JQ626545 | <i>Lecythis sp.</i> | JN222125 | <i>Lecythis idatimon</i> | JQ625974 | <i>Lecythis lanceolata</i> | DQ418020 |
| <i>Lecythis lurida</i> | <i>Lecythis chartacea</i> | JQ626570 | <i>Lecythis tuyrana</i> | JN222335 | <i>Lecythis chartacea</i> | JQ626228 | <i>Lecythis zabucajo</i> | DQ418030 |
| <i>Lecythis pisonis</i> | <i>Lecythis poiteau</i> | JQ626410 | <i>Lecythis poiteau</i> | JN222328 | <i>Lecythis poiteau</i> | JQ626219 | <i>Lecythis pisonis</i> | DQ427110 |
| <i>Licania belemii</i> | <i>Licania sprucei</i> | JQ898868 | <i>Licania tomentosa</i> | GQ424464 | <i>Licania sprucei</i> | JQ626249 | NA | NA |
| <i>Licania kunthiana</i> | <i>Licania riverae</i> | JQ587249 | <i>Licania minutiflora</i> | FJ037820 | <i>Licania kunthiana</i> | JQ625860 | NA | NA |
| <i>Licania octandra</i> | <i>Licania octandra</i> | JQ898855 | <i>Licania membranacea</i> | FJ037819 | <i>Licania octandra</i> | JQ625798 | NA | NA |
| <i>Luehea speciosa</i> | <i>Luehea speciosa</i> | JQ589348 | <i>Luehea divaricata</i> | KF420988 | <i>Luehea divaricata</i> | GU981728 | NA | NA |
| <i>Mabea occidentalis</i> | <i>Mabea speciosa</i> | JQ626381 | <i>Mabea sp.</i> | JN250095 | <i>Mabea speciosa</i> | JQ625917 | <i>Mabea sp.</i> | AY794643 |
| <i>Manilkara rufula</i> | <i>Manilkara huberi</i> | JQ626390 | <i>Manilkara</i> | KF943853 | <i>Manilkara huberi</i> | JQ625936 | <i>Manilkara zapota</i> | DQ924309 |

| | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------------------------------|----------|-------------------------------|----------|-----------------------------|----------|-------------------------------|----------|
| | | | <i>longifolia</i> | | | | | |
| <i>Manilkara salzmanii</i> | <i>Manilkara salzmannii</i> | JQ413908 | <i>Manilkara salzmannii</i> | KM036005 | <i>Manilkara salzmannii</i> | KM036004 | NA | NA |
| <i>Manilkara sp.</i> | <i>Manilkara zapota</i> | GU135011 | <i>Manilkara zapota</i> | JX856474 | <i>Manilkara littoralis</i> | KF848238 | NA | NA |
| <i>Miconia calvescens</i> | <i>Miconia longispicata</i> | KR270496 | <i>Miconia sp.</i> | KJ361772 | <i>Miconia sp.</i> | JQ626051 | NA | NA |
| <i>Miconia hypoleuca</i> | <i>Miconia acuminata</i> | JQ626538 | <i>Miconia xenotricha</i> | KJ149281 | <i>Miconia acuminata</i> | JQ626214 | NA | NA |
| <i>Miconia minutiflora</i> | <i>Miconia tschudyoides</i> | JQ626534 | <i>Miconia granulate</i> | KJ933987 | <i>Miconia tschudyoides</i> | JQ626210 | NA | NA |
| <i>Miconia prasina</i> | <i>Miconia foveolata</i> | KJ012679 | <i>Miconia sp.</i> | KJ934008 | <i>Miconia prasina</i> | KF724280 | NA | NA |
| <i>Micropholis sp.</i> | <i>Micropholis guyanensis</i> | FJ037937 | <i>Micropholis guyanensis</i> | KF943856 | <i>Micropholis obscura</i> | JQ626160 | <i>Micropholis venulosa</i> | DQ344305 |
| <i>Myrcia fallax</i> | <i>Myrcia fallax</i> | AM490006 | <i>Myrcia splendens</i> | KF420979 | <i>Myrcia fallax</i> | JQ625851 | <i>Myrcia magnifolia</i> | KP722369 |
| <i>Myrcia sylvatica</i> | <i>Myrcia decorticans</i> | JN091308 | <i>Myrcia sp.</i> | KP722390 | <i>Myrcia decorticans</i> | JQ626253 | <i>Myrcia hirtiflora</i> | KP722367 |
| <i>Myrcia tomentosa</i> | <i>Myrcia deflexa</i> | HM446715 | <i>Myrcia laricina</i> | AM234118 | <i>Myrcia deflexa</i> | JQ625859 | <i>Myrcia pseudomarlierea</i> | KP722362 |
| <i>Myrcia sp.</i> | <i>Myrcia splendens</i> | JQ588499 | <i>Myrcia saxatilis</i> | AM234119 | <i>Myrcia sp.</i> | JQ625794 | <i>Myrcia polyantha</i> | KP722358 |
| <i>Myrciaria ferruginea</i> | <i>Myrciaria vexator</i> | AY521544 | <i>Myrciaria floribunda</i> | AM234094 | <i>Myrciaria floribunda</i> | JQ626319 | NA | NA |
| <i>Myrsine_sp</i> | <i>Myrsine seguinii</i> | HQ415303 | <i>Ardisia guianensis</i> | JF416243 | <i>Myrsine retusa</i> | HM850193 | <i>Myrsine seguinii</i> | JQ684849 |

| | | | | | | | | |
|--|-------------------------------|----------|-----------------------------|----------|-------------------------------|----------|------------------------------|----------|
| <i>Nectandra</i> sp. | <i>Nectandra lanceolata</i> | KF555424 | <i>Nectandra lanceolata</i> | KF420966 | <i>Nectandra lanceolata</i> | KF561944 | <i>Nectandra membranacea</i> | AF268730 |
| <i>Ocotea</i> cf. <i>bracteosa</i> | <i>Ocotea</i> sp. | EU153873 | <i>Ocotea velloziana</i> | GQ480395 | <i>Ocotea percurrans</i> | JQ626120 | <i>Ocotea leucoxylon</i> | AF012399 |
| <i>Ocotea glomerata</i> | <i>Ocotea argyrophylla</i> | JQ626566 | <i>Ocotea glomerata</i> | GQ480380 | <i>Ocotea argyrophylla</i> | JQ626098 | <i>Ocotea densiflora</i> | AF268735 |
| <i>Ocotea opifera</i> | <i>Ocotea guianensis</i> | EU153867 | <i>Ocotea guianensis</i> | GQ480381 | <i>Ocotea amazonica</i> | JQ625996 | <i>Ocotea botrantha</i> | AF268733 |
| <i>Ocotea</i> sp. 'Louro amarelo' | <i>Ocotea indirectinervia</i> | JQ626431 | <i>Ocotea silvestris</i> | GQ480394 | <i>Ocotea indirectinervia</i> | JQ625990 | <i>Ocotea leucoxylon</i> | AF012399 |
| <i>Ocotea</i> sp. 'Louro cítrico falso' | <i>Ocotea subterminalis</i> | JQ626427 | <i>Ocotea nitida</i> | GQ480387 | <i>Ocotea subterminalis</i> | JQ625984 | <i>Ocotea tristis</i> | AF268742 |
| <i>Ocotea</i> sp. 'Louro eucalipto' | <i>Ocotea calophylla</i> | EU153862 | <i>Ocotea longifolia</i> | GQ480385 | <i>Ocotea</i> sp. | JQ625934 | <i>Ocotea tomentella</i> | AF268741 |
| <i>Ocotea</i> sp. 'Louro folha grande' | <i>Ocotea bullata</i> | JQ024978 | <i>Ocotea bullata</i> | AF272298 | <i>Ocotea bullata</i> | AM235002 | <i>Ocotea pulchella</i> | AF268740 |
| <i>Ocotea</i> sp. 'Louro folha lanceolada' | <i>Ocotea quixos</i> | KR270505 | <i>Ocotea quixos</i> | AF272313 | <i>Ocotea quixos</i> | KR082829 | <i>Ocotea percoriacea</i> | AF268739 |
| <i>Ocotea</i> sp. 'Louro tempero' | <i>Ocotea puberula</i> | EU153870 | <i>Ocotea puberula</i> | KF420955 | <i>Ocotea puberula</i> | KF561957 | <i>Ocotea odorifera</i> | AF268738 |
| <i>Ocotea</i> sp. 'Louro-cagao' | <i>Ocotea venulosa</i> | KF981327 | <i>Ocotea laxa</i> | GQ480384 | <i>Ocotea venulosa</i> | KF981236 | <i>Ocotea guianensis</i> | AF268737 |
| <i>Ouratea castanaefolia</i> | <i>Ouratea lucens</i> | KF263249 | <i>Ouratea</i> sp. | KF263199 | <i>Ouratea melinonii</i> | JQ625759 | <i>Ouratea lucens</i> | KF263440 |

| | | | | | | | | |
|------------------------------------|-------------------------------|----------|---------------------------------|----------|----------------------------------|----------|--------------------------------|----------|
| <i>Palicourea</i> sp. | <i>Palicourea salicifolia</i> | JQ588975 | <i>Palicourea gomezii</i> | KC480538 | <i>Palicourea crocea</i> | AM117253 | <i>Palicourea guianensis</i> | JN643397 |
| <i>Parkia pendula</i> | <i>Parkia ulei</i> | JQ626393 | <i>Parkia timoriana</i> | AF360729 | <i>Parkia velutina</i> | JQ626274 | <i>Parkia speciosa</i> | AF278499 |
| <i>Paypayrola</i> sp | <i>Paypayrola grandiflora</i> | AB354501 | NA | NA | <i>Paypayrola grandiflora</i> | AB354429 | <i>Paypayrola grandiflora</i> | KC699699 |
| <i>Phyllanthus</i> sp. | <i>Phyllanthus urinaria</i> | KM000006 | <i>Phyllanthus huahineensis</i> | KC913168 | <i>Phyllanthus liebmannianus</i> | KJ773741 | <i>Phyllanthus orbicularis</i> | HG971916 |
| <i>Pisonia</i> sp. | <i>Pisonia aculeata</i> | KJ593993 | <i>Pisonia umbellifera</i> | JX844241 | <i>Pisonia brunoniana</i> | JQ933356 | <i>Pisonia umbellifera</i> | AB817469 |
| <i>Piper</i> sp | <i>Piper sanctifelicis</i> | JQ588654 | <i>Piper retrofractum</i> | EF060069 | <i>Piper sarmentosum</i> | EF591364 | <i>Piper ornatum</i> | AY689144 |
| <i>Plathymenia foliolosa</i> | <i>Plathymenia reticulata</i> | JX850054 | NA | NA | NA | NA | <i>Plathymenia reticulata</i> | AF278509 |
| <i>Posoqueria latifolia</i> | <i>Posoqueria latifolia</i> | JQ626556 | <i>Posoqueria latifolia</i> | KM048212 | <i>Posoqueria latifolia</i> | JQ626258 | <i>Posoqueria williamsii</i> | KM048233 |
| <i>Pourouma guianensis</i> | <i>Pourouma villosa</i> | JQ626574 | <i>Pourouma bicolor</i> | FJ037804 | <i>Pourouma villosa</i> | JQ626293 | NA | NA |
| <i>Pouteria bangii</i> | <i>Pouteria bangii</i> | JQ413934 | <i>Pouteria bangii</i> | KF943859 | <i>Pouteria bangii</i> | JQ626236 | <i>Pouteria domingensis</i> | DQ344319 |
| <i>Pouteria aff. grandiflora</i> | <i>Pouteria grandiflora</i> | KF943845 | <i>Pouteria grandiflora</i> | KF943862 | <i>Pouteria grandiflora</i> | KF943831 | <i>Pouteria multiflora</i> | DQ344327 |
| <i>Pouteria aff. reticulata</i> | <i>Pouteria reticulata</i> | JQ589189 | <i>Pouteria stipulifera</i> | KJ399440 | <i>Pouteria reticulata</i> | JQ625962 | <i>Pouteria macrophylla</i> | DQ344326 |
| <i>Pouteria scytalophora</i> | <i>Pouteria gongrijpii</i> | FJ037940 | <i>Pouteria grandiflora</i> | KF943862 | <i>Pouteria gongrijpii</i> | JQ626231 | <i>Pouteria campechiana</i> | DQ344318 |
| <i>Pouteria</i> sp. 'Batinga-preta | <i>Pouteria reticulata</i> | JQ589189 | <i>Pouteria gongrijpii</i> | FJ037891 | <i>Pouteria hispida</i> | JQ626328 | <i>Pouteria alnifolia</i> | DQ344316 |

| | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--------------------------------|----------|--|----------|--------------------------------|----------|------------------------------------|----------|
| <i>Pouteria</i> sp. 'Carrapatinho' | <i>Pouteria multiflora</i> | KJ012732 | <i>Pouteria multiflora</i> | DQ246693 | <i>Pouteria fimbriata</i> | JQ626290 | <i>Pouteria multiflora</i> | DQ344327 |
| <i>Pouteria</i> sp. 'Guapeba branca' | <i>Pouteria melanopoda</i> | JQ626483 | <i>Pouteria caimito</i> | KJ399439 | <i>Pouteria melanopoda</i> | JQ626254 | <i>Pouteria adolfi-friedericii</i> | DQ344315 |
| <i>Pradosia lactescens</i> | <i>Pradosia lactescens</i> | JQ413891 | <i>Pradosia lactescens</i> | KF943857 | <i>Pradosia lactescens</i> | KF943836 | <i>Pradosia surinamensis</i> | DQ344333 |
| <i>Protium aracouchini</i> | <i>Protium costaricense</i> | JQ587173 | <i>Protium paniculatum</i> var. <i>paniculatum</i> | KJ503462 | <i>Protium plagiocarpium</i> | JQ625773 | <i>Protium divaricatum</i> | AY594532 |
| <i>Protium giganteum</i> | <i>Protium morii</i> | JQ626430 | <i>Protium serratum</i> | KJ503508 | <i>Protium giganteum</i> | JQ625844 | <i>Protium pallidum</i> | AY594531 |
| <i>Protium heptaphyllum</i> | <i>Protium trifoliolatum</i> | JQ626405 | <i>Protium unifoliolatum</i> | KJ503477 | <i>Protium subserratum</i> | JQ626209 | <i>Protium heptaphyllum</i> | KJ503779 |
| <i>Psidium</i> sp. | <i>Psidium cattleianum</i> | GU135031 | <i>Psidium guajava</i> | AY864898 | <i>Psidium cattleianum</i> | HM850290 | <i>Psidium cattleianum</i> | KC428589 |
| <i>Psychotria carthagenensis</i> | <i>Psychotria mapourioides</i> | JQ626482 | <i>Psychotria carthagenensis</i> | KC480533 | <i>Psychotria holtzii</i> | LN680383 | <i>Psychotria kirkii</i> | AY538469 |
| <i>Psychotria sessilis</i> | <i>Psychotria maleolens</i> | KJ012737 | <i>Psychotria</i> sp. | KF675965 | <i>Psychotria</i> sp. | FJ976167 | <i>Psychotria hispidula</i> | HQ412969 |
| <i>Pterocarpus violaceus</i> | <i>Pterocarpus magnicarpus</i> | KF436443 | <i>Pterocarpus rohrii</i> | EF451061 | <i>Pterocarpus floribundus</i> | KF436472 | <i>Pterocarpus rohrii</i> | JN083676 |
| <i>Quararibea turbinata</i> | <i>Quararibea turbinata</i> | KJ012743 | <i>Quararibea duckei</i> | FJ037834 | <i>Quararibea turbinata</i> | HM446864 | NA | NA |
| <i>Quina</i> aff. <i>paraensis</i> | <i>Quiina pteridophylla</i> | EF135589 | <i>Quiina amazonica</i> | KF263170 | <i>Quiina obovata</i> | JQ625761 | <i>Quiina pteridophylla</i> | KF263483 |

| | | | | | | | | |
|---|---|----------|--|----------|--|----------|--|----------|
| <i>Garcinia brasiliensis</i> | <i>Garcinia madruno</i> | JQ587257 | <i>Garcinia syzygiifolia</i> | AB110815 | <i>Garcinia madruno</i> | JQ626234 | <i>Garcinia mangostana</i> | GQ456102 |
| <i>Randia armata</i> | <i>Randia carlosiana</i> | KJ136895 | <i>Randia guerrerensis</i> | AM182208 | <i>Randia aculeata</i> | KJ773813 | <i>Randia aculeata</i> | HM164334 |
| <i>Roupala cf. rhombifolia</i> | <i>Roupala glaberrima</i> | JQ588868 | <i>Roupala montana</i> <i>var. Brasiliensis</i> | KF420945 | <i>Roupala</i> <i>macrophylla</i> | AF093728 | <i>Roupala montana</i> | AF482189 |
| <i>Schefflera morototonii</i> | <i>Schefflera</i> <i>morototoni</i> | JQ625796 | <i>Schefflera</i> <i>morototoni</i> | AY955463 | <i>Schefflera</i> <i>morototoni</i> | JQ625796 | <i>Schefflera pubigera</i> | KC952101 |
| <i>Sclerolobium</i> <i>densiflorum</i> | <i>Tachigali richardiana</i> | EU362054 | NA | NA | <i>Sclerolobium sp.</i> | AM234242 | <i>Tachigali sp.</i> | KF794198 |
| <i>Senefeldera multiflora</i> | <i>Senefelderopsis</i> <i>chiribiquetensis</i> | KR270509 | <i>Senefelderopsis</i> <i>croizatii</i> | JN250100 | <i>Senefelderopsis</i> <i>croizatii</i> | AY794860 | <i>Senefelderopsis</i> <i>croizatii</i> | AY794654 |
| <i>Simarouba amara</i> | <i>Simarouba amara</i> | JQ589195 | <i>Simarouba amara</i> | DQ787413 | <i>Simarouba amara</i> | EU043036 | <i>Simarouba berteriana</i> | GU593032 |
| <i>Siparuna guianensis</i> | <i>Siparuna guianensis</i> | GQ982092 | <i>Siparuna</i> <i>guianensis</i> | AF289829 | <i>Siparuna</i> <i>guianensis</i> | GQ981872 | <i>Siparuna guianensis</i> | AF040697 |
| <i>Sloanea guianensis</i> | <i>Sloanea guianensis</i> | JQ626451 | <i>Sloanea montana</i> | KJ675678 | <i>Sloanea guianensis</i> | JQ626032 | <i>Sloanea berteriana</i> | DQ444656 |
| <i>Sloanea obtusifolia</i> | <i>Sloanea latifolia</i> | JQ626528 | <i>Sloanea tomentosa</i> | KR532568 | <i>Sloanea latifolia</i> | JQ626184 | <i>Sloanea sogerensis</i> | DQ444657 |
| <i>Sorocea hilarii</i> | <i>Sorocea affinis</i> | GQ982100 | <i>Sorocea affinis</i> | HM747179 | <i>Sorocea affinis</i> | JQ592882 | <i>Sorocea pileata</i> | FJ917064 |
| <i>Stillingia brevifolia</i> | <i>Stillingia sylvatica</i> | KJ773185 | <i>Stillingia spinulosa</i> | AF537588 | <i>Stillingia sylvatica</i> | AY794843 | <i>Stillingia sylvatica</i> | AY794631 |
| <i>Sorocea sp.</i> | <i>Sorocea sp.</i> | JQ589713 | <i>Sorocea pileata</i> | FJ916999 | <i>Sorocea sp.</i> | JQ594716 | <i>Sorocea affinis</i> | HM747195 |
| | | | | | <i>Stryphnodendron</i> | | | |

| | | | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|----------|-----------------------------------|----------|----------------------------------|----------|------------------------------------|----------|
| <i>Stryphnodendron pulcherrimum</i> | <i>Stryphnodendron polystachyum</i> | JQ626347 | NA | NA | <i>polystachyum</i> | JQ625747 | <i>Stryphnodendron racemiferum</i> | DQ784684 |
| <i>Swartzia macrostachya</i> | <i>Swartzia simplex</i> | JQ587874 | <i>Swartzia panamensis</i> | EF560886 | <i>Swartzia grandifolia</i> | JQ625783 | <i>Swartzia macrostachya</i> | EF527535 |
| <i>Swartzia pickelli</i> | <i>Swartzia cubensis</i> | JQ587868 | <i>Swartzia gracilis</i> | EF560844 | <i>Swartzia benthamiana</i> | JQ625778 | <i>Swartzia sericea</i> | EF527565 |
| <i>Symphonia globulifera</i> | <i>Symphonia globulifera</i> | HQ331680 | <i>Moronobea coccinea</i> | EU128364 | <i>Symphonia globulifera</i> | JQ625954 | <i>Symphonia globulifera</i> | AY078192 |
| <i>Tabebuia sp.</i> | <i>Tabebuia palustris</i> | JQ587053 | <i>Tabebuia rosea</i> | JX856517 | <i>Tabebuia heterophylla</i> | HQ384887 | <i>Tabebuia impetiginosa</i> | EF105097 |
| <i>Tabernaemontana flavicans</i> | <i>Tabernaemontana flavicans</i> | GU973938 | <i>Tabernaemontana pandacaqui</i> | HQ222983 | <i>Tabernaemontana undulata</i> | JQ626323 | <i>Tabernaemontana pandacaqui</i> | KC428620 |
| <i>Tallisia sp.</i> | <i>Tallisia angustifolia</i> | EU720705 | <i>Tallisia angustifolia</i> | EU720558 | <i>Tallisia nervosa</i> | AJ403008 | <i>Tallisia angustifolia</i> | EU721516 |
| <i>Tapirira guianensis</i> | <i>Tapirira guianensis</i> | KF981295 | <i>Tapirira guianensis</i> | DQ787402 | <i>Tapirira guianensis</i> | JQ626278 | <i>Tapirira guianensis</i> | KP055579 |
| <i>Tapirira cf. obtusa</i> | <i>Tapirira obtusa</i> | JQ626383 | <i>Mauria thaumatophylla</i> | KF664200 | <i>Tapirira obtusa</i> | GU935446 | <i>Tapirira obtusa</i> | AY594579 |
| <i>Ternstroemia sp.</i> | <i>Ternstroemia peduncularis</i> | KJ012801 | <i>Ternstroemia microphylla</i> | HM061524 | <i>Ternstroemia peduncularis</i> | HQ437969 | <i>Ternstroemia microphylla</i> | HM061559 |
| <i>Tetragastris sp.</i> | <i>Tetragastris altissima</i> | FJ514730 | <i>Tetragastris hostmannii</i> | KJ503510 | <i>Tetragastris panamensis</i> | JQ626012 | <i>Tetragastris panamensis</i> | AY594538 |
| <i>Thyrsodium</i> | <i>Thyrsodium</i> | FJ514664 | <i>Thyrsodium</i> | FJ037790 | <i>Thyrsodium guianense</i> | JQ626176 | <i>Thyrsodium</i> | KP055581 |

| <i>spruceanum</i> | <i>puberulum</i> | | <i>puberulum</i> | | | <i>spruceanum</i> | | |
|------------------------------|-----------------------------|----------|----------------------------|----------|-----------------------------|-------------------|--------------------------|----------|
| <i>Tovomita mangle</i> | <i>Tovomita longifolia</i> | HQ331684 | <i>Tovomita sp.</i> | AY145214 | <i>Tovomita weddelliana</i> | HQ332122 | NA | NA |
| <i>Tovomita sp</i> | <i>Tovomita sp.</i> | HQ331685 | <i>Tovomita sp.</i> | AJ312601 | <i>Tovomita sp.</i> | JQ626316 | NA | NA |
| <i>Virola gardneri</i> | <i>Virola michelii</i> | JQ626468 | <i>Myristica fragrans</i> | KP406145 | <i>Virola michelii</i> | JQ626059 | <i>Virola koschnyi</i> | EU669559 |
| <i>Vismia guianensis</i> | <i>Vismia guianensis</i> | HQ331694 | <i>Vismia guianensis</i> | HE653672 | <i>Vismia guianensis</i> | HQ332126 | <i>Virola koschnyi</i> | EU669559 |
| <i>Vochysia oblongifolia</i> | <i>Vochysia hondurensis</i> | AY572446 | <i>Vochysia tucanarum</i> | DQ787415 | <i>Vochysia tomentosa</i> | JQ626309 | NA | NA |
| <i>Xylopi frutescens</i> | <i>Xylopi frutescens</i> | JQ586527 | NA | NA | <i>Xylopi frutescens</i> | AY841667 | <i>Xylopi frutescens</i> | AY841745 |
| <i>Xylopi sp.</i> | <i>Xylopi hypolampra</i> | KM924858 | NA | NA | <i>Xylopi hypolampra</i> | AY841668 | <i>Xylopi staudtii</i> | KM924963 |
| <i>Zollernia paraensis</i> | <i>Zollernia paraensis</i> | JX295920 | <i>Zollernia magnifica</i> | JX152668 | <i>Lecointea peruviana</i> | AM234260 | <i>Zollernia modesta</i> | AF524878 |

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Joosep Sarapuu,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Lehelõikaja-sipelgate kasutatavate taimede eelistus fragmenteeritud atlantilises vihmametsas”, mille juhendaja on Pille Gerhold,

1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus,

22.05.2018